
3 1761 06567737 9


BRIEF
GA
00 55763



J. G. Mettenleiter
Oberamts-
Geometer
Schloss-Neresheim

Digitized by the Internet Archive
in 2010 with funding from
University of Toronto

http://www.archive.org/details/grundrissdermath00hier

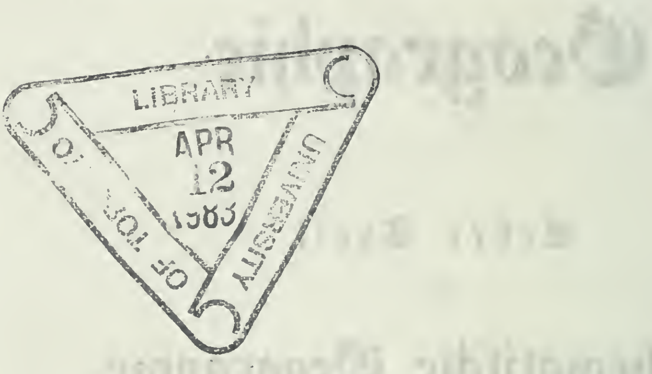
Grundriß
der
mathematischen und physikalischen
Geographie

Erster Theil
die
Mathematische Geographie.

Verfaßt
von
Johann Eduard Hierl,
ordentlicher öffentlicher Professor der Mathematik an der königlich
bayerischen Ludwig-Maximilian-Universität in München.

Mit 11 Figuren.

Gedruckt bei Albr. Volkhart in Augsburg.


LIBRARY
APR
12
UNIVERSITY
OF TO

Vorrede.

Den von vielen meiner verehrten Zuhörer geäußerten Wunsch, die Grundzüge der mathematischen und physikalischen Geographie, nach denen ich an der hiesigen königlichen Universität seit mehreren Jahren vortrage, drucken zu lassen, damit ihnen nach denselben der Weg bei ihren Studien außer den Kollegienstunden vorgezeichnet ist; und sie auch wohl des oft unvollständigen Nachschreibens — bei welchen aus mancherlei Ursachen manche Lücken bleiben — überhoben wären, also ihre Aufmerksamkeit mehr dem mündlichen Vortrage zuwenden können: habe ich in diesem Grundrisse zu erfüllen gestrebt. Die Realisirung dieses Wunsches ist daher auch die Ursache der Herausgabe des Grundrisses, dessen Bearbeitung nur in der mir ganz kurz zugemessenen Zeit außer meinen vielen Kollegien, d. i. in den Abendstunden vorgenommen werden mußte.

Das, was dieser Grundriß in mathematischer Beziehung forderte, um die Sätze, welche in den §§. vorkommen, zu verstehen, darf ich wohl voraussetzen. Da nicht alle der verehrten Leser eine ganz gleiche Vorbildung in der Mathematik besitzen, so konnte ich die Bearbeitung einiger Aufgaben, die sich auf mathematische Geographie beziehen, und zu dieser gehören, nicht in den eigentlichen Text nehmen, sondern habe ihnen in den Noten von 1 bis 9 ihren Platz angewiesen; aber auch dadurch den Anfängern Gelegenheit gegeben, zu sehen, wie sich einige Theile der Mathematik hier anwenden lassen, die Entfernungen des Mondes von der Erde, eines Ortes von einem andern auf der Erdoberfläche, der Flächeninhalt eines Landes und noch viele andere eben so nothwendige, im socialen Leben vorkommende Dinge, nicht ohne Mathematik gefunden werden können; diese also nicht blos wegen Schärfung des Verstandes, der Urtheilskraft in logischer Beziehung, sondern hauptsächlich wegen ihrer vielseitigen immerfortdauernden, in das höhere und gewerbliche Leben eingreifenden Anwendung und Beantwortung gar mancher physischer und politischer Lebensfrage, von frühester Jugend an sich angeeignet, oder wenigstens nicht vernachläßiget werden soll.

Im Zusatze zu diesem Grundrisse nach den Noten, die Auffindung eines Sternes betreffend, habe ich meinen verehr-

ten Lesern auch für die spätern Jahre das Vergnügen machen wollen, bei heitern Nächten irgend einen der bedeutendern Sterne zu erkennen und anzugeben. Hiebei kann es sich allerdings ereignen, daß einer von den Planeten, Venus, Mars, Jupiter .... in der Nähe eines hellen Firsterns steht, also leicht verwechselt werden könnte; aber man wird nach 8—12 Tagen bei nur geringer Aufmerksamkeit, bald die eigene Bewegung des Planeten bemerken.

Diesem Zusatz folgt noch eine kurze Uebersicht der verschiedenen Methoden zur Konstruktion der Landkartennetze. Ich habe diese Uebersicht als nicht überflüssig erachtet. Wer sich mit botanischen, zoologischen und mineralogischen oder überhaupt naturhistorischen Studien befaßt, hat es ja immer mit Karten zu thun, eben so der Historiker; daher es auch aus diesen Gesichtspunkten schon nothwendig war, einiges in diesem Grundrisse, als ein zur mathematischen Geographie unmittelbar gehöriger Gegenstand, darüber zu sagen, und auch zu zeigen, wie solche Karten beurtheilt werden müssen.

Jenen, welche in der Mathemaiik, in der Geographie und Astronomie weit vorgerückt sind, oder darin schon eine gewisse Höhe erreicht haben, mag wohl dieser Grundriß nicht genügen; sie mögen diesen als eine Einleitung — Vorübung — zu einem größern und ausgedehntern Studium betrachten,

welches eine vielmal größere Zeit ungetheilt in Anspruch nimmt — vielleicht nach dem Lehrbuche der mathematischen und physikalischen Geographie von Schmidt, Göttingen 1829 —; und als solche (mehr wollte ich nicht bezwecken) wird er nach meiner Meinung entsprechen.

München im Juli 1843.

Einleitung.

Wenn der Mensch in der Ausbildung seines Verstandes so weit fortgerückt ist, um zwischen den Dingen, die durch seine Sinne wahrgenommen werden, Vergleichungen anstellen zu können, so fühlt er ein Verlangen, zu erfahren, welches die Ursache dieser oder jener Erscheinung sey; sein Forschungsgeist erwacht, wird thätig, und beginnt, auf den rechten Weg geleitet, zuerst die Einleitungsstudien, welche ihn allerdings viele Jahre in Anspruch nehmen, um endlich jenes Hauptstudium zn beginnen, dessen Gegenstand ihn die ganze Zeit seines Lebens vorzüglich beschäftigen soll zum Nutzen und Frommen für ihn, seiner Zeitgenossen, und der kommenden Generationen. Gewiß war Jeder in seiner frühern Jugend bemüht, zu erfahren, wie die Dörfer, Märkte, Städte rc. heißen, die in der Nähe seines Wohnortes lagen, dann die Berge, die er in der Ferne gesehen, wie groß die Entfernung jener Orte unter sich und von ihm sey, und wie hoch jene Berge wären. Auch damit war seine Wißbegierde nicht befriedigt; er wollte auch die entfernter liegenden Orte wissen, er entwarf sich dann ein Bild, in welchem die beiläufige Lage und Entfernung der Orte, dann der zwischen denselben oder in ihrer Nähe sonst noch vorhandenen für ihn besonders merkwürdigen Gegenstände bezeichnet war, welches Bild er dann eine Karte nannte. Dieser Karte hat er dann

einen passenden Namen gegeben, je nachdem sie sich über eine kleine oder große Fläche erstreckt hat. Diese Karte kann also das Bild vom Zuge der Grenze eines Landes seyn, welches von einer ganzen Nation bewohnt wird, mit genauer Angabe der Größe, Lage und Richtung aller im Lande liegenden bewohnten Orte, Berge, Seen, Flüsse und Gebirgszüge. Weil aber immer ein Land an das andere grenzt, so kann eine Karte über mehrere aneinander liegende Länder entstehen, wodurch ein Bild eines Theils von dem erhalten wird, was wir gewöhnlich Erde nennen, und dieses Bild nennt man eine Landkarte. Hat man sich aber mit der Beschreibung der Grenzen dieser Länder, ihrer Größe, der in denselben vorkommenden Ortschaften, Gewässer und Gebirge und sonstiger Merkwürdigkeiten, des physikalischen Zustandes, überhaupt alles dessen, was auf das Leben der Bewohner, also auch auf das Thier- Pflanzen- und Mineralreich sich bezieht, befaßt, und diese Beschreibung auf alle bekannten Länder ausgedehnt, so nennt man dieß eine Erdebeschreibung, Geographie. Würde man blos die Beschreibung der Ländergrenzen, also die Linien und Winkel dieser Grenze als mathematische Figur, dann die Bestimmung der Entfernungen der Orte oder anderer Punkte, und die räumliche Größe der Länder ausgeführt haben, so würde man diese eine mathematische Erdebeschreibung nennen. Aber nicht bloß die Beschreibung der Grenzen, die Größe und Eintheilung der Länder 2c., sondern mehr der Inbegriff aller Erklärungen und Sätze, welche von der Gestalt und Größe der Erde, jener Linien und Punkte, die man sich auf der Erde denken kann, gegeben und aufgestellt werden können, die Bestimmung der Lage und Entfernungen der Orte, die Bewegungen, Stellungen und Orte der Erde sowohl für sich, als auch zu andern Körpern im Himmelsraume, die Beschreibung dieser Himmelskörper in Bezug auf ihre Bewegung und Größe, endlich des ganzen Weltsystems selbst — heißt die mathematische Geographie.

Betrachtet man aber die Erde als den Inbegriff verschiedener Stoffe, beschreibt man ihre Bestandtheile und die Erscheinungen, welche zunächst auf der Erdoberfläche, dann unter dieser, und um die Erde als Gegenstände der Sinnenwelt wahrgenommen werden können, so nennt man die Beschreibung dieser physikalischen Eigenschaften unserer Erde die physikalische Geographie. Beziehen sich die Beschreibungen der Gegenstände vorzüglich auf die Eintheilung und Benennung, den physischen, sittlichen und bürgerlichen Zustand ihrer Bewohner, der Orte und sonstiger Merkwürdigkeiten, u. s. w., so gibt dieß die politische Geographie.

Der Unterricht in diesen drei Theilen der Geographie beginnt schon in den Volksschulen, in welchen vorzüglich die politische Geographie, durch die unmittelbare Anschauung der Karten von den verschiedenen Ländern und Welttheilen unterstützt, gelehrt wird. In den höhern Unterrichtsanstalten wird der Unterricht erweitert, so weit es die Vorkenntnisse in der Mathematik gestatten. In der Länderkunde hat man eine Wiederholung und Erweiterung der politischen, zum Theil auch physikalischen Geographie, erhalten.

Man muß durch den Unterricht in der Geographie, in der Mathematik, und theilweise auch in der Physik vorbereitet werden, den Vorlesungen über mathematische und physikalische Geographie folgen zu können, die ich möglichst populär zu geben mich bestreben werde.

Man wird mir übrigens zugestehen müssen, daß sich eine mathematische und physikalische Geographie nicht ohne Mathematik und ohne Physik geben läßt; auch daß, streng genommen, die mathematische Geographie ein Theil der Mathematik ist, und die physikalische Geographie ein Theil der Physik oder der Naturlehre seyn muß. Wenn man nur den elementaren Theil der Mathematik und selbst diesen nur so zu sagen vorübergehend, dann von der Physik mehr nur den experimentellen Theil gehört hat, und da zum ganz gründlichen Verstehen aber ebene und sphärische Trigonometrie und höhere

1*

Mathematik nothwendig ist, so kann mein Vortrag, weil diese Vorstudien sich nicht immer voraussetzen lassen, sich nur auf niedere Mathematik beschränken, und die mathematisch-physikalische Geographie nur populär gegeben werden. In einigen am Ende dieses Buches beigefügten Noten sollen jedoch auch zum Gebrauche für Jene, welche diese Vorkenntnisse besitzen, mathematische Berechnungen beigefügt werden.

Der populäre Vortrag zwingt aber den Lehrer, die streng mathematische Methode, von Erklärungen zu Grundsätzen, Behauptungen, Beweisen und Folgerungen überzugehen, zu verlassen, und bloß die mehr erzählende Form meistens beizubehalten. Diese Methode mußte auch hier beibehalten werden, wiewohl sich nicht läugnen läßt, daß sonst vieles hätte kürzer gefaßt und logischer gegeben werden können.

In der Anordnung der Materien glaube ich übrigens doch, einen richtigen Gang eingehalten zu haben, so daß vom Leichtern zum Zusammengesetztern übergegangen wurde. Da wo der logische Weg verfehlt scheint, möge Nachsicht ins Mittel treten, und mir zu bemerken erlaubt seyn, daß es hier nicht so leicht ist, die Ursache zu finden, warum ein Gegenstand vor dem andern, oder nach demselben vorgetragen werden muß.

Möge dieser Unterricht die Leser veranlassen, ihren Geist zum Schöpfer des Weltalles zu erheben und seine Allmacht zu bewundern und anzubeten; möge er ihnen stets Nutzen und Vergnügen verschaffen; — dieses schöne Ziel habe ich durch Bekanntmachung dieser Lehrvorträge vor Allem erreichen wollen.

Erster Theil.

Die mathematische Geographie.

§. 1.

In der Einleitung ist der Gegenstand, den ich behandeln will, angedeutet worden; daher ich denn auch sogleich annehmen will, daß wir uns im Freien befinden, und eine möglichst große Aus- und Umsicht haben. Wir sehen die weit von uns entfernten Gegenstände nur schwach oder gar nicht; wir glauben die Grenze der Möglichkeit des Sehens sey ringsum gleichweit von uns entfernt. Diese Grenze scheint also ein Kreis zu seyn, welchen man daher auch den Gesichtskreis oder den Horizont nennt. Wir meinen dann ferner, daß sich mit diesem Gesichtskreis die blaue Himmelsdecke verbinde, die sich über uns ausbreitet, und an der sich die Leuchte des Tages, die Sonne von ihrem Auf- bis zum Niedergang fortbewegt. Während der Nacht haben wir an der nämlichen nicht mehr durch die Sonne beleuchteten, beinahe ganz dunklen, graublauen Decke, die wir den Himmel nennen, ein unzähliges Heer mehr oder weniger stark glänzender Punkte zu bewundern, die wir Sterne nennen; aber unter diesen eine weiße Scheibe von demselben Durchmesser wie die Sonnenscheibe. Wir nennen diese Leuchte der Nacht den Mond, welcher aber periodisch sich verändert, und als ganze, dann halbe Scheibe, auch wie eine Sichel, dann gar nicht, und so wieder nach und nach sichtbar werdend, diesel-

den Zustände zeigt. Sowohl der Mond als die Sterne scheinen einen ähnlichen Weg an der Himmelskugel wie die Sonne zu beschreiben; d. h. der Mond und die Sterne kommen über den Horizont herauf und verschwinden auf der entgegengesetzten Seite. Es war wohl natürlich, daß man sich jene Himmelsdecke als die innere Fläche einer hohlen Kugel, der Himmelskugel, dachte, an der sich Sonne, Mond und Sterne fortbewegen, und sich dann mit Messung der Entfernungen der Sterne, aber auch mit den Bewegungen der Sonne, des Monds und der Sterne befaßt hat. Wie man bemüht war, aus den Messungen auf der Erdoberfläche ein Bild des Gemessenen zu erhalten, so hat man auch versucht, die Lage der Sterne, und ihre Entfernungen gegen einander in einem möglichst ähnlichen Bilde so darzustellen, daß man die Sterne nach diesem Bilde sogleich wieder während der Nacht auffinden und erkennen konnte. Dadurch entstanden Himmels- oder eigentlich Sternkarten.

§. 2.

Zu den Messungen auf der Erde mußte ein Maaß als Einheit angenommen werden, welches bekanntlich der Fuß ist, durch dessen oftmaliges Auftragen auf einen prismatischen Stab von Holz oder Metall eine größere Längeneinheit, die Klafter, die Toise zu 6 Fuß, die geometrische Ruthe zu 10 Fuß entstand. Bekanntlich ist die Länge der Fußmaaße sehr verschieden; ihr Verhalten gegen einander wird gewöhnlich durch Linien des Pariserfußes, der sehr genau getheilt ist, ausgedrückt. Es ist aber der Pariserfuß in 144 Linien getheilt, auf welchem dann durch eine eigene Vorrichtung noch viel kleinere Theile abgelesen werden können; daher kann man jede Fußlänge sehr genau angeben. Der rheinische und preußische Fuß wurde nun = 139,13, und der bayerische Fuß = 129,38 pariser Linien gefunden. In einer metrologischen Tafel können die Längen anderer Maaße nachgesehen werden. Größere Entfernungen, z. B. von München nach

Freysing, von Paris bis Wien, u. s. w. werden durch noch größere Längeneinheiten angegeben. Zu einer solchen Einheit wählte man eine Strecke Weges, welche in Zeit einer Stunde zurückgelegt werden kann, wenn man unausgesetzt ordentlich geht. Die Länge dieses Weges nannte man auch eine Stunde; und wenn man den Maaßstab von 10 Fußen auf dieser Strecke allmählig aneinander legt, wird man die Länge einer Stunde = 12703 bayerischen Fußen erhalten. Zwei Stunden nannte man eine Meile, die also = 25406 Fußen ist.

Um zu erfahren, wie weit die umliegenden und übrigen Orte von uns entfernt sind, müßte der Maaßstab wieder succesive an einander gelegt werden; da aber wegen allerlei Hindernissen nicht immer eine solche unmittelbare Messung vorgenommen werden kann, so wurde in einer ebenen Gegend eine Linie von mehreren Stunden lang, sehr genau unmittelbar gemessen, und in den Endepunkten dieser Linie, mit einem hiezu passenden Instrumente die Winkel bestimmt, welche diese mit den Richtungen nach den entfernten umliegenden sichtbaren Oertern bildet. Mit Hilfe der Trigonometrie konnte mit dieser Linie als Basis und den gemessenen Winkeln jede gegenüber liegende Seite berechnet, also mittelbar gemessen werden. Jede dieser berechneten Seiten wurde wieder als Basis angenommen, aus den zwei anliegenden Winkeln die zwei unbekannten Seiten des Dreiecks berechnet, und auf diese Weise von Dreieck zu Dreieck übergegangen, bis man die Entfernungen aller Orte hatte. Die geometrische Konstruktion gab dann das verlangte Bild, welches desto genauer erhalten wurde, je genauer jene erste unmittelbar gemessene Linie, die Basis, gemessen, und die erhaltenen Seiten aufgetragen wurden. Dann konnten erst andere Orte, merkwürdige Punkte, die Grenzen der Seen, Richtungen der Flüsse und Bäche, Straßen und Wege u. s. w. durch ähnliche Operationen erhalten werden. Dadurch bekam man eine Karte, aus der wieder umgekehrt die Entfernun-

gen aller auf derselben befindlichen Orte abgenommen werden konnten.

Die Karte heißt Landgerichts=, Kreis=, Land=, Welt=, Fluß=, Gebirgs=Karte u. s. w. wenn sie alle Orte, Gewässer und Berge, und das sonst noch Merkwürdige innerhalb der Grenzen eines Landgerichts, Kreises oder Landes, oder alle bekannten Länder der Erde in einem Bild darstellen soll, oder die Größe und Richtung aller Seen und Flüsse, Lage der Bergspitzen, Richtung und Ausdehnung der Gebirge zu bezeichnen hat. Genauigkeit der Messungen, Konstruktion und Schönheit der Zeichnung bestimmt den Werth dieser Karten. In ein näheres Detail können wir hier nicht eingehen, da dieses ausser dem Zwecke des Grundrisses liegt, und zu weitläufig wäre.

§. 3.

Sowie die Entfernungen der Orte bekannt waren, so wagte man sich sogleich an den Versuch, die Entferung der Sterne zu bestimmen. In zwei weit entfernten bereits durch die vorhin erwähnte Messung bekannten Orten, wurden die Winkel, welche die Linien zwischen den zwei Orten mit der Richtung nach dem Sterne bildet, gemessen, und diese Winkel addirt, um den Durchschnittswinkel der beiden Richtungen nach und an dem Sterne zu erhalten. Immer gab die Summe der Winkel 180°; somit war der Stern unendlich weit von der Erde entfernt; dasselbe ergab sich für jeden andern Stern. Behält man also die Vorstellung der hohlen Himmelskugel bei, so muß auch der R a d i u s d e r H i m m e l s k u g e l u n e n d l i c h g r o ß seyn. Der beobachtende Mensch kann sich also im Mittelpunkte dieser Kugel denken, und a l l e Linien von den verschiedenen Orten der Erde zu gleicher Zeit nach d e m s e l b e n S t e r n e gezogen, sind p a r a l l e l. Ein beinahe ganz gleiches Resultat ergibt sich für die Sonne. Die Sterne konnten somit nur in der Absicht einer Messung unterworfen werden, daß man die Anzahl der Grade von

einem Bogen eines größten Kreises dieser Himmelskugel zu bestimmen suchte, welcher durch die beiden Sterne geht, deren Abstand gemessen werden soll. Hat man nun drei Sterne A, B, C, und der Bogen zwischen A u. B hält 17° 39′
„ A u. C „ 21° 12′
„ B u. C „ 15° 44′
so bilden diese drei Sterne ein Kugeldreieck A B C, dessen Seiten durch diese drei Bogen gegeben sind. Die Winkel dieses Dreiecks können durch die sphärische Trigonometrie berechnet werden. So am Himmel Dreieck an Dreieck gereiht, kann man ebenso wie auf der Erde zuerst die merkwürdigsten oder hellsten Sterne, aus diesen die dazwischen liegenden u. s. w. bestimmen, und durch geometrische Construktion ein Bild des Himmels erhalten. Sowohl die Bestimmung der Ortsentfernungen, wenn auch die Basis noch so genau gemessen wurde, als auch die der Entfernungen der Sterne unter sich wäre, wie man wohl leicht bemerken kann, sehr unvollständig, und in der Folge soll daher eine genaue Methode gegeben werden. Für den Anfang genügt es, die Möglichkeit einer Messung auf der Erde und am Himmel gezeigt, und die Ueberzeugung verschafft zu haben, daß die für uns am Himmelsgewölbe sichtbaren Sterne unendlich weit entfernt sind.

§. 4.

Wenn man auf einer großen Ebene steht, so kann ihre Ausdehnung wohl so groß seyn, daß man ihr Ende gar nicht sieht; und wenn diese auch durch einen Gebirgszug unterbrochen wird, so glaubt man doch, die jenseitige Ebene sey nur eine Fortsetzung der diesseits liegenden geraden Ebene. Man nimmt daher an, die Oberfläche der Erde sey als gerade Ebene ins Unendliche ausgedehnt. Denselben Eindruck erhält man auf dem Meere. Der Gesichtskreis auf der Land- und Wasserebene scheint nicht immer sehr groß zu seyn, da man oft nur 20 bis 30 Stunden entfernte Gegenstände nicht

mehr sieht, während ein anderes Mal die Gegenstände gesehen wurden, also der Gesichtskreis weiter hinaus rückt. Eben dieser Erscheinung wegen, glaubt der Mensch, wenn kein Hinderniß in der Luft wäre, daß man auch, auf einem hohen Berge stehend, die gerade unendlich ausgedehnte Ebene der Erde übersehen könnte. Ich will versuchen, zu beweisen, daß die Oberfläche der Erde keine gerade, unendlich weit ausgedehnte Ebene seyn kann.

Es sey **A** ein Ort am Ufer des Meeres, **S** ein Stern, und **B** ein, ebenfalls am Meeresufer liegender, sehr weit entfernter Ort. In **A** und **B** wird in demselben Augenblick der Winkel gemessen, den die Linie nach dem hoch am Himmel stehenden Stern, mit dem Gesichtskreis sowohl in **A** als in **B** bildet. Ich will noch annehmen, daß **B** in der Richtung von **A** gegen den Stern liegt, und die gemessenen Winkel spitz sind. Immer erhält man den einen Winkel, z. B. **B** größer, als den andern in **A**; und zwar sind die Unterschiede desto größer, je weiter **B** von **A** entfernt ist. Wir haben aber schon gehört, daß die Linien von **A** und **B** nach dem Stern **S** parallel sind; wäre also **A** in der Ebene des Horizonts von **B**, so müßten die beiden Winkel gleich groß seyn; weil aber der bei **A** immer kleiner gefunden wird, so kann **A** nicht in der Ebene des Gesichtskreises oder Horizontes von **B**, sondern muß unter demselben liegen. Also ist die Oberfläche der Erde keine gerade, sondern eine entweder gebrochene oder krumme Ebene. Die Ueberzeugung der Verschiedenheit der Winkel **A** und **B** kann man sich nach jeder beliebigen Richtung verschaffen; und weil man keine Kanten bemerkt, so muß die Erdoberfläche eine allseitig gekrümmte — also keine gerade — Ebene seyn.

§. 5.

Durch diese gemachte Erfahrung ergäbe sich allerdings, daß die Erde nicht ins Unendliche sich ausdehne, sondern ein abgerundeter Körper seyn müsse, der vielleicht kugelförmig,

ellipsoidisch, oder anders geformt ist. Um uns einige Gewißheit zu verschaffen, wollen wir ein Naturgesetz zu Hilfe nehmen.

Was ein schwerer Körper ist, wurde bereits in den Vorträgen über Physik erklärt; wenn nun ein solcher Körper nicht unterstützt ist, so bemerkt man, daß er der Erde zueilt, und man sagt dann: er fällt. Die Linie, in welcher er seinen Weg während des Fallens zurücklegt, nennt man die Linie des Falles, oder die Schwerlinie. Die Kraft, welche das Fallen des schweren Körpers bewirkt, nennt man die Fall-, Schwer- oder Anziehungskraft, weil so zu sagen die Erde alle zu ihr gehörigen Theile an sich zieht. Da aber das Fallen der Körper überall statt findet, so muß die Anziehungskraft auf der Erdoberfläche vertheilt seyn. Wir haben aber oben die Erde als abgerundeten, also völlig begrenzten, Körper kennen gelernt; also muß man sich auch denken können, daß in diesem Erdkörper ein Punkt sey, in welchem die Anziehungskraft konzentrirt ist, und von da aus allseitig wirkt. Dadurch mußte bei dem frühern weichen Zustand des Erdkörpers ein kugelförmiger Körper hervorgehen; also alle Punkte der Oberfläche dieser flüssigen Masse mußten eine gleiche Entfernung vom Anziehungspunkt dann erhalten, wenn die äussersten Theile des Flüssigen in Ruhe waren. Hat also keine andere Ursache eingewirkt, so muß unser Erdkörper eine Kugel seyn.

Daraus folgt aber auch, daß die Oberfläche des Meeres, oder jedes stillstehenden Wassers, vermöge der Wirkung der Anziehungskraft, Theil einer Kugeloberfläche seyn muß. Man nimmt die Oberfläche der Meereskugel als jene Ebene an, auf welcher alle Entfernungen der Orte angegeben werden sollen. Alle Schwerlinien müssen verlängert nach dem Mittelpunkte der Erdkugel gehen. Durch den Senkel wird die Richtung der Fall- oder Schwerlinie erhalten; diese heißt deßwegen auch die senkrechte oder vertikale Linie. Senkrechte oder vertikale Ebenen sind jene, in welcher diese Linie liegt.

§. 6.

Man denke sich einen Punkt auf der Oberfläche der Meereskugel, zugleich für diesen Punkt die Schwerlinie; dann eine gerade Ebene, auf welcher die Schwerlinie rechtwinklig steht, so wird diese unendlich verlängerte Ebene durch die Himmelskugel kreisförmig begrenzt. Die Grenze dieses Kreises heißt der mathematische Horizont; und diese Ebene, welche also die Meereskugel tangirt, die mathematische Horizontalebene. Jede Linie und Ebene, auf welcher die Schwerlinie rechtwinklig steht, nennt man ebenfalls horizontale Linie und Ebene. Da die Schwerlinie oder die Senkrechte leicht herzustellen ist, so kann eben so leicht eine horizontale Linie oder Ebene erhalten werden. Kleine Wasserflächen sind horizontale Ebenen. Jede Ebene, welche mit dem mathematischen Horizont parallel ist, nennt man auch eine horizontale Ebene. Denkt man sich mit dem mathematischen Horizont eine parallele Ebene durch den Mittelpunkt der Erde, so nennt man die Begrenzung dieser Ebene durch die Himmelskugel: den wahren Horizont, welcher zugleich die Himmelskugel halbirt, da man im Mittelpunkt der Erde zugleich das Zentrum der Himmelskugel annehmen kann.

Jeder Punkt der Erde hat seine eigene Schwerlinie, also auch einen eigenen scheinbaren, mathematischen, und wahren Horizont. Der sichtbare Horizont ist die Begrenzung eines Kugelabschnittes unserer Erde, der von einem Menschen übersehen werden kann, welcher entweder auf einer großen Ebene, z. B. in einem Schiffe auf dem Meere, steht, oder mehr oder weniger hoch über der Erdoberfläche sich befindet.

§. 7.

Wenn man sich zu irgend einem Punkte auf dem Lande die Vertikale denkt, so heißt die Größe jenes Theiles dieser Vertikalen, zwischen dem Punkte und der verlängerten Mee-

resfläche, die absolute Höhe jenes Punktes über der Meeresfläche. Der Unterschied zweier absoluten Höhen heißt die relative Höhe. Ist z. B. die absolute Höhe von München = h, von Peissenberg = H, H größer als h, so ist H — h die relative Höhe von Peissenberg in Bezug auf München. Wenn aber h die absolute Höhe eines Berges ist, so ist die Länge der Linie von der Spitze des Berges an die Meereskugel bis zum Berührungspunkt = $\sqrt{2rh}$, wenn r den Radius der Meereskugel bezeichnet. Dieser Ausdruck ist also der Radius des sichtbaren Horizonts, welchen man bei heiterm Wetter von der Spitze dieses Berges aus haben kann, wenn r und h bekannt ist. (Note 1.)

§. 8.

Stellen wir uns vor, daß die Schwerlinie eines Ortes auf und abwärts verlängert ist, so werden an der Himmelskugel in entgegengesetzter Richtung zwei Punkte bezeichnet, von denen der obere das **Zenith** oder der Scheitelpunkt, hingegen der untere **Nadir** oder Fußpunkt heißt. Dadurch muß der Horizont überall 90° vom Zenith oder Nadir entfernt seyn. Eine vertikale Ebene, in der also auch das Zenith liegt, kann eine solche Richtung haben, daß sie durch irgend einen Stern geht. Den Winkel zwischen den Linien, welche man sich vom Punkte der Erde weg, durch welchen die Vertikale geht, nach dem Zenith und dem Sterne gezogen denkt, oder den Bogen an der Himmelskugel zwischen Zenith und Stern, nennt man die Zenithdistanz des Sternes. Von zwei Punkten auf der Erde, welche in derselben Vertikalebene nach dem Sterne liegen, hat das Zenith desjenigen Punktes eine kleinere Distanz vom Sterne, der gegen den Stern zu liegt. Sind **A** und **B** diese beiden Punkte oder Orte, **B** in der Ebene durch **A** und den Stern (fig. **1**); so sey a das Zenith von **A**, b das von **B**. Die Schwerlinien der Punkte **A** und **B** gehen durch das Zentrum **C** der Erde und Himmelskugel, und bilden dort einen Winkel, der

so viele Grade hat, als der Bogen zwischen **A** und **B** auf der Erdkugel. Ist nun **S** der Stern, so sind die Linien von **A**, **B** und **C** nach **S** unter sich parallel. In **A** und **B** werden die Zenithdistanzen

$aAS = D$ und $bBS = d$ gemessen, und nun ist:

$$ACS - BCS = ACB, \text{ aber } ACS = aAS = D$$
$$ACS = bBS = d \text{ somit}$$
$$ACS - BCS = ACB = D - d$$

d. h. die Differenz der Zenithdistanzen ist gleich dem Winkel, welchen die beiden Schwerlinien im Zentrum der Erde bilden, oder gleich dem Bogen zwischen den Punkten **A** und **B**.

§. 9.

Hat man durch die oben schon erwähnten Messungen die Entfernung des **B** von **A** im Linienmaaße gefunden, so kann aus jenen Linien und dieser Winkelmessung die Größe des Erdradius auf folgende Weise erhalten werden.

Es sey die Länge des Bogens zwischen **A** und **B** = 509,630 b. Fuße gefunden worden; die Zenithdistanzen aber sollen seyn:

$$\text{in } A = 49^\circ\ 39'\ 44'' = D$$
$$\text{„ } B = 48^\circ\ 19'\ 29'' = d$$
$$\text{also } D - d = 1^\circ\ 20'\ 15'' = 1{,}3375^\circ$$

Vermöge Geometrie ist nun:

$$r\pi : 180^\circ = 509630 : 1{,}3375^\circ \text{ hieraus } r = \frac{180.\ 509630}{1{,}3375.\ \pi} \text{ b. Fuße}$$
$$= \frac{180.\ 509630}{1{,}335.\ \pi.\ 25406} \text{ Meilen}$$

Dieser Zahlenausdruck gibt 21831500 b. Fuße, oder 859,35 Meilen für den Radius der Erde; also zum Durchmesser 1718,7 Meilen.

Diese Zahlengröße, aus wirklich gemachten Messungen hervorgegangen, weicht sehr wenig von der Wirklichkeit ab, wie sich in der Folge ergeben wird; sie zeigt uns aber, daß

allerdings die Erdkugel für uns groß, aber im Vergleich zu den Entfernungen der Sterne und der Sonne nur ein Punkt ist. Es darf daher jeder Punkt der Erde als Mittelpunkt der Himmelskugel angenommen werden, wodurch der mathematische und der wahre Horizont an der Himmelskugel zusammenfallen, und folglich jeder dieselbe halbirt. Aus diesem Radius geht die angenäherte Erdoberfläche $4r^2\pi = 9279000$ Quadratmeilen, und der körperliche Inhalt $\frac{4r^3\pi}{3} = 2657854000$ Kubikmeilen hervor. Der Umfang eines größten Kreises der Erdkugel ergibt sich $= 2r\pi = 5399{,}1$, oder in runder Zahl $= 5400$ Meilen, wodurch die Länge eines Grades von einem größten Kugelkreis der Erde $= 15$ Meilen oder 30 Stunden erhalten wird.

§. 10.

Nachdem wir einige, wenn auch nicht sehr genaue Daten erhalten haben, so können wir zu andern Erklärungen übergehen.

Wir sehen die Sonne immer auf einer Seite der Erde über den Horizont heraufsteigen — aufgehen —, sich immer mehr von ihrem Aufgangspunkt, und vom Horizont entfernen, in einem Bogen fortrücken, und wenn sie den höchsten Punkt dieses Bogens erreicht hat, wieder allmählig herabsinken, und auf der dem Aufgangspunkt entgegengesetzten Seite verschwinden — untergehen —; nach einer beinahe eben so langen Zeit, als sie sichtbar war, erscheint sie wieder. Wir nennen nun die Zeit, während welcher die Sonne sichtbar ist, gewöhnlich Tag; die Zeit von ihrem Untergang bis zum Aufgang die Nacht. Jene Gegend, in welcher die Sonne aufgeht, heißt Morgen, wo sie untergeht Abend. Die Mitte des Tages, also wo die Sonne am höchsten steht, heißt Mittag, da sie genau so viel Zeit braucht, um von ihrem Aufgang bis zum höchsten Punkt des Bogens zu kommen, als von da bis zum Untergang. Mitternacht ist

die Hälfte Zeit vom Sonnenuntergang bis zu ihrem Aufgang. Um jedoch Morgen und Abend genauer zu bezeichnen, denke man sich in dem Augenblick, als die Sonne ihren höchsten Punkt erreicht, eine vertikale Ebene durch die Sonne, so durchschneidet diese Ebene den mathematischen Horizont in einer geraden Linie, die also von Mittag gegen Mitternacht gerichtet ist. Auf dieser Linie in der Horizontalebene eine andere Linie unter einem rechten Winkel gedacht, und das Gesicht gegen Mittag gewendet, hat man vor sich Mittag oder **Süden**, im Rücken Mitternacht oder **Norden**, zur Linken Morgen oder **Ost**, und zur Rechten Abend oder **West**. Diese vier Hauptrichtungen nennt man die vier Weltgegenden, die also immer 90° von einander abstehen. Sie werden übrigens noch in eine Menge Zwischengegenden eingetheilt; z. B. jeden der rechten Winkel halbirt, erhält man **SO**, **SW**, **NO**, **NW**, und so können diese 45° wieder halbirt werden, u. s. w. Diese Richtungen werden dann aus den Hauptgegenden durch die Buchstaben gehörig bezeichnet, wodurch die sogenannte Windrose entsteht.

Die Dauer von einem Sonnenaufgang bis zum nächsten, oder wie gewöhnlich von einer bis zur nächsten Mitternacht, heißt ein bürgerlicher Tag. Den 24ten Theil eines solchen Tages nennt man eine Stunde, die in 60 Minuten und diese in 60 Sekunden abgetheilt wird.

§. 11.

Widmen wir den Sternen nur einige Aufmerksamkeit, so finden wir, daß sie (nur wenige ausgenommen) immer dieselbe Entfernung voneinander, und auch eben so dieselbe Helligkeit beibehalten. Man nennt daher jene Sterne, welche ihren Ort gegen andere nie ändern, Fixsterne, hingegen jene, bei welchen eine Ortsveränderung bemerkt wird, so zu sagen, an den Fixsternen vorübergehen, die ganze Himmelskugel durchwandern, meistens von Westen nach Osten ihren

Weg nehmen, manchmal stille stehen, eine kurze Zeit lang zurückgehen, und dann wieder ihren alten Weg verfolgen, also am Himmel herum zu irren scheinen, heißen deßwegen Wandel — Irrsterne, oder Planeten.

Aber Sonne und Mond, Fixsterne und Planeten sehen wir täglich und in jeder hellen Nacht von Morgen gegen Abend sich fortbewegen, und größere oder kleinere Bogen an der Himmelskugel von ihrem Auf- bis zu ihrem Untergang beschreiben; manche erheben sich wenig über den Horizont, viele gehen durch unser Zenith, viele gehen gar nicht unter, und Kreise beschreibend stehen sie einmal am höchsten, und nach 12 Stunden am wenigsten hoch über dem Horizont. Wir finden endlich einen unter den Fixsternen, der unter allen nicht untergehenden den kleinsten Kreis beschreibt. Es scheint also, daß sich die ganze hohle Himmelskugel mit an dieselbe befestigten Fixsternen in 24 Stunden um eine Linie drehe. Diese Linie, welche ihre Endpunkte an der Himmelskugel haben, und durch das Zentrum, also auch durch den Mittelpunkt der Erde, gehen muß, nennt man die Himmelsaxe; ihre Endpunkte, um welche eigentlich die Bewegung der Sterne geschieht, heissen die Himmelspole. Jener Fixstern, der in einem dieser Pole, oder diesem am nächsten ist, also unter allen Sternen den kleinsten Kreis zu beschreiben scheint, wird Polarstern genannt.

Dadurch besitzt also die Himmelskugel zwei fixe Punkte, die als Anhaltspunkte zu Messungen am Himmel benützt werden können. Jeder Stern beschreibt durch die Umdrehung der Himmelskugel einen Kreis, der gleiche Entfernung vom Pol hat. Alle diese Kreise müssen also einander parallel seyn. Jener Parallelkreis am Himmel, der 90° vom einen, also auch vom andern Pol entfernt ist, dessen Durchmesser somit durch das Zentrum der Himmelskugel geht, halbirt diese, und heißt daher Himmelsäquator. Jener Pol, der gegen Norden ist, wird also auch der nördliche Himmelspol, und der entgegengesetzte der südliche Pol

genannt. Jene Hälfte der Himmelskugel, in welcher der nördliche Polarstern ist, heißt die **nördliche Himmelskugel**, die andere Hälfte der **südliche Himmel**.

§. 12.

An der Himmelskugel können wohl eine Menge Parallelkreise, die ihre Mittelpunkte in der Himmelsaxe haben müssen, aber auch eine Menge größter Kreise gedacht werden, deren Zentrum im Mittelpunkt der Kugel ist. Denkt man sich aber größte Kreise durch die Himmelspole, so gehen sie natürlich genau von Mitternacht nach Mittag, und heißen deßwegen **Meridiane**. Derjenige, welcher durch das Zenith eines Ortes geht, wird der **Mittagskreis** oder der Meridian dieses Ortes genannt.

Eine vertikale Ebene durch diesen Meridiankreis, halbirt den Kreis des Horizonts, und zugleich auch alle Bogen, welche von der Sonne, oder den Sternen, vom Auf- bis zum Untergange beschrieben werden; diese Ebene geht also durch die höchsten Punkte dieser Bogen, also auch durch den Mittagspunkt der Sonne, daher diese Ebene **Mittagsebene** heißt. Ihr Durchschnitt mit der Horizontalebene gibt die **Mittagslinie**. Die Mittagsebene muß auf der Aequatorsebene und auf dem Horizont rechtwinklig stehen. Meridian, Aequator und Horizont halbiren sich gegenseitig. In jeder Meridianebene liegt die Himmelsaxe, und diese steht auf der Aequatorsebene rechtwinklig.

§. 13.

Jeden dieser bis jetzt genannten Kreise denkt man sich in 360 Grade u. s. w. getheilt, und nimmt auf ihnen einen Punkt an, von dem weg die Zählung der Grade beginnt. Vom Durchschnittspunkte des Meridians eines Ortes mit dem Horizont, wird auf diesem östlich oder westlich bis zum Durchschnitt irgend eines Vertikalkreises gezählt. Diese Zahl der Grade, oder diesen horizontalen Bogen nennt man das öst-

liche oder westliche **Azimuth**, je nachdem man vom Meridian weg gegen Osten oder Westen gezählt hat. Am Vertikalkreis zählt man vom Horizont weg aufwärts bis zur Sonne, oder bis zu jenem Stern, durch welchen man sich den Vertikalkreis denkt. Die Zahl der Grade oder der Bogen heißt die Höhe der Sonne oder des Sternes. Durch Azimuth und Höhe kann allerdings der Ort eines Sternes angegeben werden, und wie man wohl leicht erkennen wird, ist die Höhe = 90 — Zenithdistanz; da sich aber durch seine Bewegung Azimuth und Höhe jeden Augenblick ändert, so muß in der Folge eine andere Bestimmungsmethode angegeben werden.

Ist der Stern in die Meridianebene getreten, so ist seine Höhe am größten, und sein Azimuth = 0; und man sagt dann: er kulminirt.

Zählt man vom Himmelspol weg auf einem Meridian bis zum Sterne, so nennt man dieß seine Polardistanz.

§. 14.

Während der Dauer eines Tages müssen alle Grade des Aequators durch die Meridianebene eines Ortes gehen, man kann daher leicht berechnen, wie viel Grade des Aequators in einer Stunde, Minute 2c. am Meridian vorübergegangen sind, nach der einfachen Proportion: in 24 Stunden 360°, also in 1 Stunde 15°, in einer Zeitminute 15 Raumminuten, und in einer Zeitsekunde 15 Raumsekunden. Wie groß ist also der Aequatorsbogen, der 9 Stunden 25′ und 37,5″ braucht, bis er durch den Meridian gegangen ist?

Dieß gibt 15. 9° = 135°
15. 25′ = 6 15′
15. 37,5″ = 9′ 22,5″

somit ist der gesuchte Aequatorsbogen = 141° 24′ 22,5″

Der Aequatorsbogen hat 39° 44′ 13″, wie groß ist die Zeit seines Durchgangs? sie ist $= \frac{39° \ 44' \ 13''}{15} = 2$ Stunden 38′ 56,87″.*)

Denkt man sich zwei Meridiane, zwischen denen am Aequator der Bogen von $g°$ ist, oder mit andern Worten: die Neigung der beiden Meridianebenen betrage $g°$, so brauchen diese $\frac{g°}{15}$ Stunden, bis sie durch den Meridian des Ortes gegangen sind; oder der Winkel zwischen den beiden Meridianen beträgt $\frac{g°}{15}$ Stunden. Den Winkel zwischen zwei Meridianen kann man also auch durch Stunden ausdrücken; daher nennt man ihn auch den Stundenwinkel.

§. 15.

Wir haben früher gefunden, daß die Erd- und Himmelskugel einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt haben; somit muß auch die Himmelsaxe durch das Centrum der Erde gehen. Diese Axe bezeichnet auf der Erdoberfläche zwei Punkte, welche man die Erdpole nennt. Die Größe der Entfernung der beiden Erdpole heißt die Erdaxe. Die Durchschnitte der Meridianebenen mit der Erdoberfläche heißen Erdmeridiane, und sind also größte Kreise der Erdkugel. Die Ebene des Himmelsaequators erzeugt auf der Erdoberfläche den Erdaequator, der auch hier wieder gleichweit von den Erdpolen entfernt ist. Ebenso steht jeder Erdmeridian auf dem Erdaequator rechtwinklig; dieser theilt die Erdkugel in die nördliche und südliche Hälfte; auf der nördlichen Hälfte liegt der Nordpol. Parallelkreise auf der Erde sind wieder gleichweit vom Pol oder

---

*) Zu diesen Verwandlungen, wenn sie oft vorzunehmen sind, kann man sich Tabellen verfertigen, nach denen die ganze Rechnung eine Addition wird.

vom Aequator entfernt. Die Halbmesser der Parallelkreise werden desto kleiner, je näher die Kreise dem Pole sind. Für jeden Punkt der Erde läßt sich ein Parallelkreis und ein Meridian denken. Unter allen möglichen Meridianen wird einer als erster angenommen; von seinem Durchschnittspunkt mit dem Aequator wird die Zählung der Grade begonnen, und auf dem Aequator bis zum Durchschnittspunkt des Meridians eines Ortes fortgesetzt. Diese Anzahl der Grade auf dem Aequator ist die Größe des Neigungswinkels zwischen den Ebenen des ersten und zweiten Meridians; man nennt sie auch geozentrische Länge des zweiten Meridians, oder des Ortes, durch welchen dieser Meridian geht. Man sagt östliche Länge, wenn man vom ersten Meridian weg auf dem Aequator gegen Osten zählt; westliche Länge, wenn die Zählung gegen Westen vorgenommen wird. Gewöhnlich wird östliche Länge beibehalten, und bis 360° gezählt. Der erste Meridian theilt die Erdkugel in die östliche und westliche Hälfte; er wird 20° westlich von Paris angenommen. Die Insel Ferro liegt beinahe unter dem ersten Meridian. Die Zahl der Grade vom Aequator weg auf dem Meridian nördlich oder südlich gezählt, heißt die nördliche oder südliche Breite. Die nördliche Breite kann durch (+), die südliche mit (—) bezeichnet werden. Die Breite wird nur bis an den Pol also bis zu 90° gezählt.

Durch Länge und Breite ist jeder Ort auf der Meereskugel bekannt. Kennt man auch noch die absolute Höhe des Ortes, so ist durch diese drei Daten der Ort vollkommen bestimmt. Z. B. ist für München die nördliche Breite des nördlichen Frauenthurms = 48° 8′ 20″, die östliche Länge =29° 14′ 14″ und die absolute Höhe des Bodens der Frauenkirche = 1746 b. Fuße.

In Augsburg ist für den St. Ulrichsthurm die Breite = 48°. 21′. 43″, die Länge = 28°. 33′. 52″, die Höhe des Bodens = 1689,5 b. Fuß über dem Meere. Man hat

Tabellen, in welchen Länge, Breite und Höhe der bedeutendsten Orte angegeben ist.

§. 16.

Sowie jeder Stern beim Eintritt in die Meridianebene seine größte Höhe erreicht, so hat auch jeder Punkt des Himmelsaequators seine größte Höhe über dem Horizonte, wenn er durch den Meridian geht; weil aber diese Höhe für jeden Aequatorspunkt dieselbe seyn muß, so heißt man die vom Horizont weg bis zum Aequator in der Meridianebene des Ortes gemessenen Grade, oder den Bogen des Meridians vom Horizont bis zum Aequator die Aequatorshöhe. Dann wieder die im Meridian gemessene Höhe des Himmelspoles über dem Horizont die Polhöhe für diesen Ort; (nur ist, wie sich's wohl von selbst versteht, die Aequatorshöhe gegen Süden, und die Polhöhe gegen Norden). Liegt der Ort im Aequator, so sind die Pole im Horizont, die Polhöhe ist also = 0, und die Aequatorshöhe = 90°. Für den terrestrischen Pol ist der Aequator im Horizont, also die Aequatorshöhe = 0, die Polhöhe = 90°.

Ist (Fig. 2.) **M** ein Punkt der Erde, **HR** im wahren Horizont, also **MCR** = 90°, **AE** im Aequator, **C** der Mittelpunkt, **CP** die Himmelsaxe, also **N** der terrestrische Nordpol, so ist **NCE** = 90°, **ECR** die Aequatorshöhe, und **HCN** = **HCP** die Polhöhe. Weil nun **NCE** = 90° so ist auch **HCN** + **ECR** = 90°, d. h. die Höhe des Poles und die des Aequators beträgt zusammen 90°. Weil ferner:

$$ECM + MCN = 90° \text{ und}$$
$$MCN + NCH = 90° \text{ so ist}$$
$$ECM = NCH.$$

aber **ECM** ist die Breite vom Orte **M**, also ist die Breite = der Polhöhe. Dadurch ist auch die Breite + der Aequatorshöhe = 90°. Kennt man somit die Aequatorshöhe, so ist die Breite = 90° — Aequatorshöhe auch be-

kannt; oder umgekehrt. Die Polhöhe von München ist also = 48° 8′. 20″ somit die Aequatorshöhe = 90° — 48°. 8′. 20″ = 41.° 51.′40″.

§. 17.

Zur Bestimmung der Polhöhe kann vielleicht folgendes einfache Verfahren dienen:

Es ist früher schon gesagt worden, daß der Polarstern unter allen Fixsternen den kleinsten Kreis um den Himmelspol beschreibt. Man wird keine große Mühe haben, diesen Stern aufzufinden. Beobachtet man nun durch ein Instrument, mit welchem die Vertikalwinkel gemessen werden können, die größte und kleinste Höhe des Polarsterns, so ist die halbe Summe dieser Höhen in einerlei Vertikalebene gemessen, die schon ziemlich genaue Polhöhe des Ortes in welchem man beobachtet hat. Jene Orte ausgenommen, die schon nahe am Aequator sind, also eine kleine Polhöhe haben, wird man in den übrigen Orten von größerer Breite eine Menge Fixsterne bemerken, die nie untergehen, also deren ganze Kreise über dem Horizonte liegen; man nennt diese Circumpolar-Sterne. Auch von einem solchen gibt die halbe Summe seiner größten und kleinsten Höhe in derselben Vertikalebene die Polhöhe. Da wir uns eben mit dem Polarsterne beschäftigen, so wollen wir denselben benützen, um wenigstens möglichst angenähert die Richtung des Meridians für unsern Wohnort zu erhalten. Nachdem man die Polhöhe kennt, so nimmt man in dieser Höhe die größte und kleinste Abweichung von einem terrestrischen Punkte; die halbe Summe dieser Abweichungen gibt einen Winkel, der in Bezug auf diesen Punkt die Richtung einer vertikalen Ebene bezeichnet, in welcher der Pol liegt, und man hat dadurch die Richtung des Meridians ziemlich genau. Steckt man in entgegengesetzter Lage ein sichtbares Zeichen in möglichst weiter Entfernung aus, so erhält man die Richtung

einer Ebene, in der die Sonne an jedem Tage ihre größte Höhe erreicht, und somit den Mittag bezeichnet.

§. 18.

Die Bestimmung der Länge eines Ortes ist nicht so leicht auszuführen, wie das Finden der Polhöhe. Jene kann durch unmittelbare Messung auf der Erde dadurch gefunden werden, daß der von Westen gegen Osten liegende Bogen zwischen zwei Oertern, als Bogen eines größten Kreises der Erdkugel betrachtet, und der diesem Bogen gegenüberliegende Zentriwinkel berechnet wird. Aus den Breiten der Orte und diesem Bogen kann auf der Erdkugel, der diesem Bogen gegenüberliegende sphärische Winkel berechnet werden, der die Neigung der beiden Meridianebenen ausdrückt, und gleich dem zwischen den Meridianen liegenden Aequatorsbogen, d. i. gleich der Längendifferenz ist. Kennt man dann die Länge von einem Orte, so ist auch die geogr. Länge vom andern Orte bekannt (Note 2.) Sehr oft muß aber eine Erscheinung am Himmel zu Hilfe genommen werden, die an beiden Orten gesehen werden kann, indem man berücksichtigt, daß bei der Kugelgestalt der Erde jene Orte desto früher Mittag haben müssen, je mehr sie gegen Osten liegen, da ja ihr Meridian viel früher durch die Sonne geht. Der Augenblick des Sehens der himmlischen Erscheinung ist für beide gleich, aber ihre Uhrzeiten nicht. Z. B. in einem Ort sah man die Erscheinung um $9^h\ 17'\ 24''$, und im westlichen Orte um $10^h\ 41'\ 50''$, so ist der Unterschied der Uhrzeiten $= 0^h\ 25'\ 34''$ = dem Stundenwinkel in Stunden und Minuten ausgedrückt, somit der Aequatorsbogen $(25'\ 34'').\ 15 = 6^\circ\ 23'\ 30''$ = dem Längenunterschied. Ist vielleicht die Länge des östlichen Ortes $= 23^\circ\ 46'\ 55''$, so ist die Länge des westlichen $= 23^\circ\ 46'\ 55'' - 6^\circ\ 23'\ 30''$
$= 17^\circ\ 23'\ 25''$.

Es wird sich wohl leicht denken lassen, daß noch mancherlei Rücksichten und genauere Methoden befolgt werden

müssen, wenn ein genaues Resultat für Länge und Breite eines Ortes erhalten werden soll, da Vieles nicht vollkommen das ist, was man beobachtet zu haben glaubt, und ich bemerke nur noch, daß zwei Orte, in denen gleiche Polhöhen beobachtet wurden, auf einerlei Parallelkreis liegen müssen; hingegen liegen zwei Orte auf einerlei Meridian, wenn sie gleiche Länge haben; der Unterschied ihrer Polhöhen, ist die Größe des Winkels, welchen die verlängerten Schwerlinien im Mittelpunkt der Erde bilden.

Es seyen in (Fig. 3.) **N** und **S** die terrestrischen Pole, **AE** der Aequator, **NBE** ein Meridian durch den Ort **B**, so ist **ECB** seine Breite und der Radius des durch **B** gehenden Parallelkreises = **Bb**. Ist **D** ein anderer Punkt auf demselben Merian, so ist der Radius des zugehörigen Parallelkreises = **Dd**, und seine Breite = **ECD**; **BC** und **DC** sind die Schwerlinien dieser Orte, welche den Winkel **BCD** bilden, dessen Maaß der Bogen **BD** ist. Man sieht offenbar, daß weil **ECD** > **ECB**, auch **Dd** < **Bb**, und daß die Radien der Parallelkreise abnehmen, wenn die Komplemente der Breiten abnehmen. Mit Hilfe der Trigonometrie kann aus der Breite und dem Radius der Erde, der Radius des entsprechenden Parallelkreises, und hiedurch die Größe eines Grades auf demselben berechnet werden. (Note 3.)

§. 19.

Sind Polhöhen und Längen zweier Orte bekannt, so kann die Berechnung der Entfernung der Orte, d. h. die Größe des zwischen diesen Orten liegenden Bogens eines größten Kreises der Erdkugel vorgenommen werden; eine Aufgabe die für die Geographie von großer Wichtigkeit ist. In Note 4, sind Auflösungen dieser Aufgabe gegeben.

Durch die sphärische Trigonometrie kann ebenfalls das Azimuth eines Ortes in einem zweiten Orte, wenn von bei-

den, Längen und Breiten bekannt sind, berechnet werden. Eine Auflösung einer solchen Aufgabe ist in Note 5.

§. 20.

Schon vor 2000 Jahren hat man die Höhe des Himmelspoles über dem Horizonte eines Ortes sehr nahe eben so groß gefunden, als man sie jetzt für denselben Ort findet. Also hat sich auch die Aequatorshöhe sehr wenig geändert. Ein Firstern, der damals jede Nacht im Aequator, oder in irgend einer Höhe über dem Horizont gesehen wurde, erscheint noch immer täglich im Augenblick seiner Kulmination in derselben Höhe wie früher. Diese gleiche tägliche Höhe findet man bei der Sonne, dem Monde und den Planeten nicht. Uns am auffallendsten ist die tägliche Veränderlichkeit der Sonnenhöhen; ihre kleinste Höhe bei ihrer Kulmination findet man in einer Breite von 48° 8′ nur 18° 24′, und die größte Sonnenhöhe bei derselben Breite = 65° 20′. Dadurch muß die Sonne einmal unter, das zweitemal über dem Aequator seyn; und zwar unter dem Aequator um 41° 52 — 18° 24′ = 23° 28′; über dem Aequator aber auch um 65° 20′ — 41° 52′ = 23° 28′. Diese 23° 28′, um was die Sonne einmal über, das anderemal unter dem Aequator ist, ergeben sich auch für eine andere Polhöhe; somit muß einmal die Sonne, von ihrer größten zur kleinsten Höhe übergehend, die Höhe des Aequators haben; und ebenso, wenn sie von ihrem tiefsten Stand an Höhe zunimmt, bevor sie die höchste Höhe erreicht. Hat die Sonne die Höhe des Aequators, so sagt man: die Sonne ist im Aequator. Weil nun die Sonne täglich an der Himmelskugel einen Kreis zu beschreiben scheint, so müßte sie spiralförmig von ihrem höchsten Punkt bis zum tiefsten und so wieder zurück, u. s. w. fortgehen. Wenn aber die Bewegung der Sonne diese ist, so müssen in der Nacht immer dieselben Firsterne zur nämlichen Zeit kulmini=

ren. Diesem widerspricht jedoch die Erfahrung, daß die Sterne von Tag zu Tag früher durch den Meridian gehen; d. h. wenn man einen schönen Stern um 9 Uhr genau gegen Mittag bemerkt, so wird man ihn nach zwei Wochen früher kulminiren sehen; nach zwei Monaten sieht man ihn um dieselbe Zeit schon weit gegen Westen. Was bringt also diese Erscheinung hervor? Man richte die Aufmerksamkeit auf jene Sterne, die eine kurze Zeit nach Sonnenuntergang und in der Nähe des Sonnenuntergangspunktes ihrem Verschwinden nahe sind. Nach einigen Tagen gehen sie früher unter, und nach wieder mehreren Tagen sind sie nicht mehr sichtbar, weil sie mit der Sonne untergehen. Man sieht vielleicht vor Sonnenaufgang einen ausgezeichneten Stern gegen Osten aufgehen; diesen wird man nach einigen Wochen um dieselbe Stunde viel höher sehen, weil er schon früher aufgegangen ist. Die Sonne muß also, vermöge dieser Erscheinung, von Westen nach Osten langsam an der Himmelskugel fortrücken, so zu sagen an den Fixsternen vorübergehen, wodurch diese auf und unter- und durch den Meridian gehen, da ja Alles nur auf den Eintritt der Sonne in den Meridian bezogen wird. Nachdem man sich in frühester Zeit schon jene Sterne gemerkt hat, an denen die Sonne vorbeigeht, so sah man, daß die Hälfte des Sonnenweges auf der nördlichen, die andere Hälfte auf der südlichen Himmelskugel sey, dadurch die Sonne sich auf einem größten Kreis dieser Kugel fortbewege, dieser größte Kreis den Aequator halbire, und gegen diesen unter dem oben gefundenen Winkel von nahe 23° 28′ geneigt sey. Man nennt nun den größten Kreis der Himmelskugel, in welchem sich die Sonne fortbewegt, die Sonnenbahn oder die Ekliptik, und den Neigungswinkel der Sonnenbahn gegen die Aequatorsebene den Winkel der Ekliptik, der also dadurch gefunden wird, daß von der größten beobachteten Sonnenhöhe die Höhe des Aequators, oder von der Aequatorshöhe die kleinste Sonnenhöhe abgezogen wird. Nennen

wir also E den Winkel der Ekliptik, A die Aequators=, H und h die größte und kleinste Sonnenhöhe, so ist

$$E = H - A \text{ oder}$$
$$E = A - h \text{ also auch}$$
$$2E = H - h$$
$$E = \frac{H - h}{2}$$

d. h. der Winkel der Ekliptik ist auch gleich dem halben Unterschied der Sonnenhöhen.

§. 21.

Wir wollen annehmen, daß die Sonne von der südlichen Hälfte in die nördliche Himmelskugel durch den Aequator geht, so durchschneidet also hier die Ekliptik den Aequator; in einem Punkte, der 180° von jenem Durchschnittspunkte entfernt ist, muß ein zweiter Durchschnitt erfolgen, und zwar dann, wenn die Sonne von der nördlichen Hälfte der Himmelskugel durch den Aepuator in die südliche tritt. Da auch der Horizont den Aequator halbirt, so wird auch der Kreis, den die Sonne, wenn sie im Aequator ist, um die Erde in 24 Stunden beschreibt, halbirt; die Sonne geht dann genau im Osten auf und im Westen unter, und bleibt dadurch gleich lang über, als unter dem Horizonte, d. h. Tag und Nacht ist gleich lang. Jene Punkte, in welchen die Ekliptik den Aequator schneidet, nennt man daher auch die Tag und Nachtgleiche Punkte, oder die Aequinoktialpunkte; die Zeiten, in denen sich diese Durchschnitte ereignen, die Aequinoktien.

Von diesen Punkten weg entfernt sich die Sonne immer mehr vom Aequator, steigt immer höher oder tiefer, bis sie ohngefähr 23° 28′ nördlich oder südlich vom Aequator, oder 90° vom Aequinoktium entfernt ist. Hier scheint sie einige Tage stille zu stehen, d. h. gleiche Höhe zu haben, worauf sie sich dem Aequator wieder nähert, also sich gewendet hat. Diese Sonnenstillstands= oder Wendepunkte (oder die Zeit,

in der sich dieser Sonnenstillstand ereignet) nennt man die Solstitialpunkte, das Solstitium.

§. 22.

Jener größte Kreis an der Himmelskugel, welcher durch die Pole des Himmelsaequators und durch die Aequinoktialpunkte geht, heißt der Colur der Nachtgleichen. Ein größter Kreis durch dieselben Pole und durch die Solstitialpunkte, wird Colur der Sonnenwende genannt. In den Himmelspolen durchschneiden sich die Coluren unter einem rechten Winkel; jeder halbirt die Ekliptik; die Ekliptik durchschneidet nur den Colur der Sonnenwende rechtwinklig.

Ein Punkt von der Himmelskugel gleich weit, also 90° von der Ekliptik entfernt, heißt der ekliptische Pol. Der Pol der Ekliptik ist von dem des Aequators 23° 28′ entfernt; diese Entfernung ist also gleich dem Neigungswinkel der Ekliptik.

Jener Aequinoktialpunkt, in welchen die Sonne von der südlichen in die nördliche Himmelskugel tritt, heißt das erste Aequinoktium; dieses ist der Anfangspunkt der Zählung auf dem Aequator und der Ekliptik, von West über Süd gegen Osten; also entgegengesetzt des täglichen Laufes der Sonne um die Erde.

Jene Parallelkreise der Himmelskugel, welche durch die Solstitialpunkte gehen, und deren Entfernung vom Aequator = dem Winkel der Ekliptik seyn muß, heißen die Wendekreise. Auch diese hat man auf die Erdkugel übergetragen, und sie sind also ebenfalls 23° 28′ vom Erdaequator entfernt. Polarkreise heißen jene Parallelkreise, welche 23° 28′ vom Pol entfernt sind; diese beziehen sich vorzüglich auf die Erde.

§. 23.

Da die Höhe des Poles über den Horizont von München 48° 8′ 20″ beträgt, so sind alle Fixsterne, deren Polardi=

stanz kleiner ist als 48° 8′ 20″, für Münchens Bewohner noch Circumpolar-Sterne. Aehnliches ergibt sich für andere Polhöhen. Die Sonne ist in ihrem nördlichen, 90° vom ersten Aequinoktium entfernten Solstitium, 23° 28′ vom Aequator entfernt, also ist ihre Polardistanz im nördlichen Solstitium = 90° — 23° 28′ = 66° 32′, also größer als 48° 8′ 20″; daher ist sie für München nicht mehr Circumpolar, d. h. ihr Kreis ist nicht ganz sichtbar. Weil ferner alle Parallelkreise der Himmelskugel dieselbe Neigung gegen den Horizont haben, wie der Aequator, die Sonne aber während ihres täglichen Umlaufs einen Parallelkreis beschreiben muß, so müssen auch die Bogen, welche von der Sonne auf der nördlichen Himmelskugel oberhalb des Horizonts beschrieben werden, mehr als 180°, und diejenigen, welche sie beschreibt, wenn sie in der südlichen Himmelskugel ist, weniger als 180° haben. Tagbogen heißt derjenige Theil des Parallelkreises, der über unserm Horizonte liegt, und in welchem uns die Sonne sichtbar ist; der übrige Theil liegt unter dem Horizonte, und mag Nachtbogen heißen. Durch die sphärische Trigonometrie läßt sich die Größe des Tagbogens berechnen, wenn man weiß, wie weit die Sonne in der Ekliptik vom ersten Aequinoktium entfernt ist; somit läßt sich die Länge des Tages mathematisch bestimmen, die — wie man leicht einsehen wird — von der Höhe der Sonne, und von der Polhöhe des terrestrischen Ortes, für welchen die Länge des Tages gefunden werden soll, abhängt.

§. 24.

Denkt man sich durch die Pole der Ekliptik größte Kreise, so stehen diese auf der Ekliptik rechtwinklig. Zählt man nun vom ersten Aequinoktium auf der Ekliptik bis zu einem solchen größten Kreise, der vielleicht durch einen Stern geht, so nennt man die Größe dieses Bogens, die Länge des Sternes. Wird aber auf diesem senkrechten Kreise von der Ekliptik weg bis zum Stern gezählt, so nennt man dieß

seine **Breite.** Die Sonne bleibt immer in der Ekliptik, also ist ihre Breite = 0; ihre Länge gibt ihren Ort in der Ekliptik, also ihren Abstand vom ersten Aequinoktium.

Zählt man auf dem Aequator vom ersten Aequinoktium weg bis zu einem Meridian, der durch die Sonne oder einen Stern oder Planeten geht, so nennt man diesen Aequatorsbogen die **gerade Aufsteigung, Rectascension** der Sonne oder des Sternes. Der Bogen auf dem Meridian vom Aequator weg gegen Norden oder Süden bis zur Sonne oder zum Stern gezählt, heißt die nördliche oder südliche Abweichung — **Declination.**

Die drei größten Kreise an der Himmelskugel, d. h. der Aequator, die Ekliptik, und ein Meridian bilden zwischen ihren Durchschnittspunkten ein rechtwinkeliges sphärisches Dreieck, in welchem nur der Winkel der Ekliptik bekannt und konstant ist. Aus der Länge der Sonne als Hypotenuse, und diesem Winkel, läßt sich die Rektascension und Deklination durch die sphärische Trigonometrie bestimmen. In der nachfolgenden Tabelle habe ich die Länge von 10 zu 10° zunehmen lassen, und Deklination und Rektascention neben die Länge gesetzt. Die nähere Ausführung einer solchen Rechnung mag in Note 6 nachgesehen werden. Addirt man zu jeder dieser Deklinationen die Aequatorshöhe für einen Ort, so erhält man die entsprechende **Sonnenhöhe** um 12 Uhr Mittag.

Durch eine einfache Zeichnung kann der **Weg der Sonne** aus den in der Tafel enthaltenen Deklinationen und Rektascensionen versinnlicht werden, indem man eine gerade Linie zieht, welche den Aequator vorstellt; auf diese von einem ersten Punkt weg die Zahl der Grade und Minuten der Rektascension von der Linken gegen die Rechte getragen, in den erhaltenen Punkten Perpendikel errichtet, auf diese die Deklination nach ihrem Zeichen auf- oder abwärts getragen, und die Endpunkte dieser Perpendikel durch eine mit freier Hand gezogene Curve verbunden, so ist diese die Ekliptik.

§. 25.

Nachdem wir die Größe der Deklination berechnen können, so soll auch die Größe des Tagebogens gefunden werden. Wenn nun t diesen ganzen Tagebogen, δ die Deklination, und φ die Polhöhe des Ortes bezeichnet, so bekommt man durch die sphärische Trigonometrie folgende Resultate, die aus der in Note 7 enthaltenen und entwickelten Formel genommen sind. Ist nämlich die Deklination = 0, also die Sonne im Aequator, so ist $t = 180°$, d. h. der Tag ist 12 Stunden lang, und zwar für alle Orte auf der Erde.

Ist die Sonne 30° in der Ekliptik vom ersten Aequinoktium entfernt, so ist die Deklination nahe 11° 29′, und wenn die Breite eines Ortes 48° 8′ beträgt, so wird dadurch der ganze Tagebogen 206° 12′; also durch 15 dividirt, gibt nahe 13 Stunden 45 Minuten. Für die Länge der Sonne = 60° ist ihre Abweichung = 20° 10′, und diese gibt, wenn wir dieselbe Breite beibehalten, den Tagebogen = 228° 23′ = 15 Stunden $13\frac{1}{2}$′. Bei 90° Sonnenlänge ist die Dekl. = 23° 28′ und die Tageslänge = 15 St. $51\frac{3}{4}$ M. = der größten Länge des Tages für die Breite 48° 8′. Setzt man die Sonnenlänge = 270°, so ist die Sonne in ihrem tiefsten Punkt, nämlich im südlichen Solstitium, ihre Deklination ist = — 23° 28′, und man findet die kleinste Tageslänge = 8 St. $8\frac{1}{4}$′. So kann für jede Breite die mathematische Tageslänge berechnet werden. Setzen wir $\varphi = 66° 32′$, also gleich der Breite, durch welche der Polarkreis geht, so ist dort die Sonne schon Circumpolar, wenn sie im nördlichen Solstitium ist; sie geht also nicht mehr unter, berührt blos den Horizont gegen Norden, und der Tag ist also 24 Stunden lang.

Für die noch größern Breiten bleibt die Sonne viele Tage immer über dem Horizont, bis ihre Deklination so klein wird, daß sie für jene Breite, zuerst den nördlichen Horizont berührt, dann auf- und untergeht; vielleicht auch gar nicht

sichtbar ist, wenn Breite und negative Deklination groß genug sind, einen solchen Zustand hervor zu bringen.

Die Größe des Bogens, welchen ein Stern während der Zeit zwischen seinem Auf- und Untergange beschreibt, kann aus seiner konstanten Deklination, die, wie man leicht finden wird, gleich seiner Kulminationshöhe weniger der Aequatorshöhe ist, dann aus der ebenfalls konstanten Polhöhe des Ortes, auf dieselbe Weise wie bei der Sonne gefunden werden.

Z. B. die Deklination eines Sterns sey = 7° 22′ 20″. Die Polhöhe von Nürnberg ist aber 49° 27′ 31″; also ist der Stundenwinkel = dem halben Tagebogen = 98° 42′ 13,6″; somit ist die Zeit von seinem Aufgange bis zur Kulmination = 6 St. 34 m. 40,9″; also der Stern 13 St. 9 m. 37,8″ über dem Horizonte von Nürnberg. So könnten noch eine Menge anderer Aufgaben vorgenommen werden; wir übergehen sie aber, da sie keinen besondern Bezug auf die Geographie haben, und mehr einer andern Wissenschaft angehören. Daher wir an diese Untersuchung eine andere knüpfen wollen.

§. 26.

Hat man die Polhöhe, also auch die des Aequators, bestimmt, so kann für diesen Ort die größte und kleinste Höhe der Sonne gefunden werden; denn aus den oben §. 20 angegebenen Gleichungen wird

$$H = A + E,\ h = A - E \text{ also}$$

größte } kleinste } Sonnenhöhe = Aequatorshöhe $\pm$ Winkel der Ekliptik.

Wir wollen diesen Ausdruck auf spezielle Fälle anwenden.

1) Es sey die Breite = 0, also der Ort im Aequator, somit die Aequatorshöhe = 90°, so ist immer von Süden gegen Norden gezählt die

größte Sonnenhöhe = 90 + 23° 28′ = 113° 28′
kleinste " = 90 — 23° 28′ = 66° 32′

Man sieht also im Aequator die Sonne gegen Norden, und gegen Süden, also auch zweimal im Scheitel, weil sie dann in den Aequinoktien ist.

2) Die nördliche Breite sey 23° 28′, also die Aequatorshöhe = 66° 32′,
die größte Sonnenhöhe ist also = 66° 32′ + 23° 28′ = 90°
„ kleinste „ „ „ = 66° 32′ — 23° 28′ = 43° 4′

Für die Orte im nördlichen Wendekreise ist also einmal die Sonne im Scheitel, geht genau im Osten auf und im Westen unter; ausserdem wird sie aber gegen Süden gesehen.

3) Die südliche Breite sey = 23° 28′, die nun mit (—) bezeichnet werden muß. Die Aequatorshöhe ist = 90 — (— 23° 28′) = 113° 28′; somit ist die
größte Sonnenhöhe = 113° 28 + 23° 28′ = 136° 56′
kleinste „ = 113° 28 — 23° 28′ = 90°
d. h. alle Orte, die auf dem südlichen Wendekreis sind, haben auch wieder die Sonne nur einige Tage im Zenith, die übrige Zeit aber gegen Norden.

4) Ist die Breite = 66° 32′, also die Aequatorshöhe = 23° 28′, so ist die größte Sonnenhöhe = 23° 28′ + 23° 28′ = 46° 56′, die kleinste = 0. Für die auf dem nördlichen Polarkreise liegenden Orte ist also die Sonne einmal im Horizont; von da aus wird der Tagebogen immer größer, bis er, wie wir vorhin gefunden haben, ein ganzer Kreis wird, also der Tag 24 Stunden lang ist, und die Sonne gegen Süden die Höhe von 46° 56′ erreicht. Aehnliches findet statt bei einer südlichen Breite = 66° 32′.

5) Die Breite mag 75°, also die Aequatorshöhe = 15° seyn, so ist die größte Sonnenhöhe = 15° + 23° 28′ = 38° 28′, die kleinste = 15 — 23° 28′ = — 8° 28′, das heißt die Sonne ist 9° 28′ unter dem Horizont, kann also ohngefähr 3½ Monat lang gar nicht gesehen werden, und zwar bei einer Sonnenlänge ohngefähr von 220½ anfangend bis zur Sonnenlänge von 319½.

So kann für jede Breite die größte und kleinste Sonnenhöhe gefunden und aus der angenommenen Deklination die Länge des Tages berechnet werden.

Zur größern Bequemlichkeit, und um den Lesern die Rechnung zu ersparen, habe ich die beiliegende Tabelle der halben Tagebögen angefertigt, nach der für die Breiten von 5 zu 5°, und den von 10 zu 10° fortlaufenden Sonnenlängen, die zugehörigen halben Tagebogen aufgesucht werden können.

Z. B. die Sonnenlänge wäre 60°, die Breite = 55°, so ist der halbe Tag lang 8 Stunden 6′ 37″; somit geht die Sonne um 3 Uhr 53′ 23″ auf und um 8 Uhr 6′ 37″ unter. Berlin hat eine Breite von 52° 31′ 13″; wann geht die Sonne in Berlin auf, wenn die Länge der Sonne = 300° ist?

Bei der Sonnenlänge = 300° und 50° geographischer Breite ist die Länge des halben Tages = 4^h 16′ 7″
bei 55° Breite = 3 53 23
Unterschied für 5° = 22 44
" " 1° = 4 32,8′
" " 2½° = 11′ 22″

Diese 11′ 22″ von 4° 16′ 7″ abgezogen oder zu 3^h 53′ 23″ addirt gibt die Tageslänge = St. 4′ 44″ = der Zeit des Unterganges; endlich von 12 Stunden abgezogen gibt die Zeit des Aufganges = 7 Uhr 55′ 15″. Bei größerer Genauigkeit würde man 4′ 32,8″ mit 31′ 13″ = 1873″ multipliziren, und das erhaltene Produkt durch 3600 dividiren, so erhält man 688,3″ = 11′ 28,3″, also nur um 6,3″ mehr.

Bevor wir diesen Gegenstand schließen, bemerke ich noch, daß wenn die Sonne im Aequator, also in den Aequinoktien ist, sie im wahren Ostpunkt aufgeht. Für jeden andern Tag ist der Aufgangspunkt mehr gegen Norden oder gegen Süden auf dem Horizont fortgerückt. Die Entfernung des Aufgangspunktes vom Ostpunkt, nennt man die Morgenweite,

welche leicht aus der Aequatorshöhe und der Deklination gefunden werden kann. Aehnliches für die Abendweite.

Für München ist die Aequatorshöhe 41° 51′ 40″, und die Sonne mag eine Deklination von 23° 27′ haben; so ist die Morgenweite nach Note 8 = 36° 36′ 27,6″ und auch sehr nahe = der Abendweite.

§. 27.

Wir haben uns nun überzeugt, daß die Orte, welche in verschiedenen geographischen Breiten auf derselben Erdhalbkugel liegen, nicht gleich lange Tage haben, also die Sonne bald mehr oder weniger lang über ihrem Horizonte ist. Weil aber die Sonnenstrahlen die Ursache der Wärme auf der Erde sind, diese unter verschiedenen Winkeln, deren Grenzen die größten und kleinsten Sonnenhöhen sind, auf die horizontale Mittagslinie eines Ortes fallen, so muß wohl auch eine größte, kleinste und mittlere Sonnenwärme erfolgen. Ist also die Sonne im 90sten Grad ihrer Länge, so muß die größte Wärme, und bei 270° die kleinste vorhanden seyn; hingegen im ersten und zweiten Aequinoktium eine mittlere Wärme. Wiewohl allerdings vom 45sten Grad bis 135° Sonnenlänge die größere, und vom 186 + 45 = 225° bis 270° + 45 = 315° die kleinere Wärme ist, so könnten diese Punkte die Umlaufszeit der Sonne in vier Theile zerlegen. Man nimmt aber die Aequinoktial- und Solstitialpunkte, und nennt die Zeit, welche die Sonne vom ersten Aequinoktium bis zum nächsten Solstitium braucht, also von der mittlern Zeit bis zur größten Wärme, den **Frühling**; von diesem Solstitium bis zum zweiten Aequinoktium, den **Sommer**; von diesem bis zum zweiten Solstitium, also von der mittlern bis zur kleinsten Wärme, den **Herbst**, und von hier bis wieder zum ersten Aequinoktium, den **Winter**. Daher nennt man auch das erste Aequinoktium, den **Frühlingspunkt** oder das **Frühlingsaequinoktium**, das zweite das **Herbstaequinoktium**, den Son-

nenstillstand bei 90° das Sommersolstitium, und den andern das Wintersolstitium. Physische Ursachen schieben die Zeitpunkte der größten und mittleren, dann der kleinsten Wärme oder der größten Kälte weiter hinaus; d. h. diese Zustände ereignen sich erst nach mehreren Tagen von jenen 4 Hauptpunkten der Ekliptik an. Nehmen wir aber die Wärme örtlich, so muß zwischen den beiden Wendekreisen die größte Wärme seyn, da die Sonne bei 23° 28′ nördlicher und südlicher Breite senkrecht, und zwischen diesen Wendekreisen zweimal im Scheitel steht; daher auch der zwischen den Wendekreisen liegende Erdgürtel die heiße Zone genannt wird. Die zwischen dem nördlichen Wende- und Polarkreis liegende ist die nördliche gemäßigte Zone; natürlich die zwischen — 23° 28′ und — 66° 32′ die südliche gemäßigte. Endlich heißt der Kugelabschnitt, welcher durch den Polarkreis begrenzt wird, und auf dem der Pol liegt, die kalte Zone, weil auf dieser die Sonne nur in einer kleinen Höhe oder gar nicht gesehen wird. Für die Erdbewohner hat man aus der Ursache, daß die Sonne nach einer oder nach mehreren Richtungen sichtbar ist, eine eigene Eintheilung nach der Richtung des Schattens vorgenommen; nämlich die in der heißen zweischattige, weil sie die Sonne zu Mittag einmal gegen Süden, hierauf im Scheitel, dann gegen Norden sehen. Die in den gemäßigten Zonen haben die Sonne, also auch ihren Schatten um 12 Uhr Mittag nur nach einer Richtung, daher heißen sie einschattige; endlich geht die Sonne um jene Erdbewohner herum, welche in der kalten Zone wohnen, daher heißen diese unschattige. Die gerade, schiefe und parallele Lage der Erde entspricht der eben gemachten Eintheilung, bezieht sich aber hauptsächlich auf den Globus, daher an diesem gezeigt werden muß.

Endlich hat man noch eine Eintheilung der Bewohner vorzunehmen für gut gefunden; nämlich Gegenfüßler von **A** oder Antipoden sind jene Bewohner eines Ortes, **B**, welcher eine gleiche geogr., aber dem **A** entgegengesetzte Breite

hat, und die Längen beider Orte um 180° verschieden sind, wodurch die Orte diametral entgegengesetzt liegen.

Gegenbewohner haben entgegengesetzte Breite und gleiche Länge. Nebenbewohner haben gleiche Breite, aber eine um 180° verschiedene Länge. Alle diese Eintheilungen sind aber nicht wesentlich nothwendig.

§. 28.

Die Zahl der Tage, welche die Sonne braucht, um vom ersten Aequinoktium bis wieder zu demselben zu kommen, nennt man Jahr. Uebrigens kann von jedem Punkte weg die Zahl der Tage erstanden werden, z. B. vom Sommersolstitium bis wieder dahin; aber der Aequinoktialpunkt läßt sich genauer bestimmen, daher hat man vorzüglich diesen gewählt.

Man fand für die Länge eines Jahres vom Frühlingsaequinoktium angefangen, beinahe 365¼ Tage; hat aber bemerkt, daß die Sonne vom Frühlings- bis zum Herbstaequinoktium beinahe 186½ Tage, und von da bis wieder zum Frühlingsaequinoktium 178¾ Tage braucht; folglich legt sie die ersten 180 Grade der Ekliptik langsamer zurück, als die übrigen 180 Grade.

Ginge sie mit gleicher Geschwindigkeit ihren Weg in der Ekliptik fort, so würde sie jeden Tag beinahe $^{360}/_{365,25} = 0°$ 59′ 8,4″ zurücklegen, also ohngefähr jeden Tag einen Grad.

Ihre mittlere Geschwindigkeit vom Frühlings- bis zum Herbstaequinoktium ist aber $= {}^{18}/_{186,5}$ = 57′ 54,5″, vom Herbst- bis zum Frühlingsaequinoktium = 1° 0′ 25,2″. Man wird sich aber leicht denken können, daß die Sonne nicht auf einmal in eine größere oder kleinere Geschwindigkeit übergehen, sondern dieser Uebergang nur nach und nach geschehen kann. Daher hat die Sonne in der Nähe des Sommersolstitiums ihre kleinste, in der Nähe des Wintersolstitiums ihre größte, und in der Nähe der Aequinoktien ihre mittlere Geschwindigkeit.

Um sich diese Ungleichheit zu erklären, dachte man sich das Zentrum der Ekliptik nicht im Mittelpunkt der Erde oder der Himmelskugel, sondern in der Nähe. Diese beiden Mittelpunkte durch eine gerade Linie verbunden und verlängert bis sie den Sonnenzirkel schneidet, erhält man zwei Punkte, in denen die Sonne ihre größte und kleinste Geschwindigkeit haben muß; es muß aber auch dadurch nothwendig die Sonne eine größte, mittlere und eine kleinste Entfernung von der Erde haben. Die größte Entfernung der Sonne von der Erde heißt **Aphelium**, die kleinste oder die Sonnennähe: **Perihelium**. Es muß also während des Winters die Sonne ins Perihelium treten, weil sie die größte Geschwindigkeit hat; hingegen im Sommer ins Aphelium.

§. 29.

Die Zahl der Tage vom Frühlingsaequinoktium bis wieder dahin heißt ein tropisches Jahr; hingegen vom Aphelium oder Perihelium bis wieder zu demselben ein anomalistisches Jahr. Das tropische hat 365,2422 und das zweite 365,2596 Tage.

Das bürgerliche Jahr hat 365¼ Tag; da man aber nicht nach Viertelstage rechnet, so gibt man drei Jahre 365 und dem vierten Jahre 366 Tage, welches das Schaltjahr genannt wird, die ersten drei nennt man gemeine Jahre. Das bürgerliche Jahr wurde in 12 nicht vollkommen gleiche Zeitabschnitte getheilt, von denen jeder Abschnitt ein Monat heißt.

Der Anfang dieses Jahres fällt jetzt mit dem Perihelium zusammen; oder jetzt ist am 10ten Tage nach dem Wintersolstitium der Anfang des bürgerlichen Jahres oder des neuen Jahres. Die Monate sind bekannt, auch daß der Monat Februar 28, aber im Schaltjahr 29 Tage hat, und immer der 24 Februar der Schaltag ist. Dadurch sind 4 bürgerliche Jahre = 3.363,366 = 1461 Tage, während sie nur 4. 365,24223 = 1460,96892 Tage betragen sollen,

also haben 4 gemeine Jahre um 0,03108 Tage zu viel, und dieß gibt in 128 Jahren einen Tag zu viel; daher wird das 128te Jahr kein Schaltjahr seyn, wiewohl es sich durch 4 ohne Rest dividiren läßt. Nimmt man aber sowohl das tropische Jahr 128mal, als auch das gemeine, so gibt 128. 365,24223 — 46751,00544 und 128.365,25 — 1 Tag = 46751; somit hätte man alle 128 Jahre um 0,00544 Tage zu wenig, wodurch nach 183 solchen Wiederholungen ein Tag eingeschaltet werden muß u. s. w.

Die vier Hauptabtheilungen des tropischen Jahres treffen nun auf folgende Monate und Tage: das Frühlingsaequinoktium zwischen den 20. und 21. März; das Sommersolstitium am 21. Juni; das Herbstaequinoktium am 23. September; und das Wintersolstitium zwischen dem 21. und 22. Dezember; und diese Tage geben zugleich Anfang und Ende der vier Jahreszeiten.

§. 30.

Wir haben durch eine Reihe von aufeinander folgenden Ereignissen, z. B. daß die Sonne immer auf und untergeht, dem Sommer der Winter, und diesem wieder der Sommer folgt, Eindrücke auf unser Gedächtniß erhalten. Einen solchen Eindruck nennt man Zeit. Das Maaß der Zeit ist wohl am natürlichsten der Tag. Da aber, wie wir gehört haben, die Sonne keine gleiche Geschwindigkeit in ihrer Bahn hat, so müssen wir ein anderes Maaß aufsuchen.

Man hat aus vielen angestellten Rechnungen gefunden, daß die Umdrehung der Himmelskugel immer mit gleicher Geschwindigkeit seit Jahrtausenden geschieht, d. h. die Zeit von einem Meridiandurchgang eines Sterns bis zum nächsten Durchgang desselben Sterns ist immer gleich lang. Die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Durchgängen eines Sterns, oder eine Umdrehung der Himmelskugel nennt man einen Sterntag. Statt des Sternes kann der Frühlingspunkt genommen werden. Die Dauer von einem Meridian-

durchgang der Sonne bis zum nächstfolgenden heißt ein Sonnen- oder auch ein astronomischer Tag. Der Unterschied zwischen einem bürgerlichen und einem astronomischen Tag besteht nur darin, daß der erste um 12 Uhr Nachts, der zweite um 12 Uhr Mittag beginnt.

Der Sterntag wird wie der bürgerliche in 24 Stunden getheilt, und weil der Sterntag unveränderlich ist, so ist auch jede Unterabtheilung des Tages konstant. Wir wollen nun die Länge dieser Tage näher untersuchen. Man denke sich einen Punkt der Ekliptik, in welchem jetzt die Sonne am Mittag ist, so wird sie vermöge ihrer eigenen Bewegung am nächsten Mittag östlich von diesem Punkte seyn, der also viel früher als die Sonne in den Meridian tritt; und zwar um so viel früher, als der Bogen in Stunden verwandelt beträgt, um welchen die Sonne östlich gerückt ist. Dieser Bogen muß aber im Winter größer seyn, als im Sommer, weil sie dort geschwinder geht. Somit ist der Sonnentag im Winter länger, als im Sommer. Denkt man sich statt jenen Punkt der Ekliptik einen Stern, der dieselbe Rektascension hat, wie dieser Punkt, so treten beide in einem Augenblick in den Meridian, und eben so immer nach 24 Sternstunden. Weil nun der Punkt früher in den Meridian tritt, als die Sonne, so kommt auch der Stern früher in denselben; d. h. der Sterntag ist kürzer, als der Sonnentag.

§. 31.

Man denke sich die Sonne immer mit gleicher Geschwindigkeit vom Anfang bis an das Ende des Jahres im Aequator sich fortbewegen, so würde doch ein solcher Tag größer seyn, als ein Sterntag; aber die Tage würden vollkommen gleich lang seyn. Einen solchen Tag kann man einen mittlern Sonnentag nennen. Die Sonne geht aber in der Ekliptik fort, und gibt dadurch den wahren Sonnentag von ihrem Eintritt in den Meridian bis zum darauffolgenden Eintritt. Wird nun die Zeit zwischen zwei Ereignissen durch

Sterntage, wahre oder mittlere Tage ausgedrückt, so nennt man diesen Zeitraum die Stern-, wahre oder mittlere Zeit. Würde sich die Sonne mit gleicher Geschwindigkeit in der Ekliptik fortbewegen, so würden doch die Tage ungleich seyn, weil die ekliptischen Bogen auf den Aequator reduzirt nicht gleich sind.

Der mittlere Sonnentag wird aber bald größer, gleich, oder auch kleiner seyn, als der wahre Sonnentag. Den Unterschied der Längen zwischen beiden Tagen, nennt man die Zeitgleichung. Zur Bestimmung dieses Unterschiedes gilt jedoch die Regel, daß von der mittlern Zeit die wahre Zeit abgezogen wird. Ist also **M** die mittlere, **W** die wahre Zeit, **Z** der Zeitunterschied, so ist

1) $M - W = Z$ und hier auch
2) $M = W + Z$
3) $W = M - Z$

Wenn also die wahre Zeit, und die Zeitgleichung gegeben ist, so kann die mittlere Zeit gefunden werden, und so umgekehrt. Die Zeitgleichung muß aber während des Jahres nicht nur positiv, dann 0, sondern auch negativ werden, da ja die wahre Sonne geschwinder, gleich geschwind, und auch langsamer als die im Aequator mit gleicher Geschwindigkeit gedachte Sonne, geht. Hat also eine Räderuhr die Geschwindigkeit dieser mittlern Sonne, so sagt man: sie geht nach mittlerer Zeit. Zeigt sie aber genau 12 Uhr, wenn die wahre Sonne in den Meridian tritt, so sagt man: sie geht nach wahrer Zeit. Eine Sonnenuhr zeigt 12 Uhr, wenn die wahre Sonne in den Meridian jenes Ortes kommt, in welchem die Sonnenuhr sich befindet; daher zeigt jede Sonnenuhr die wahre Zeit, vorausgesetzt, daß sie richtig gestellt und konstruirt ist.

§. 31.

Der Mensch sucht sich immer ein Maaß zu verschaffen, welches für ihn gleich bleibt; daher hat man auch versucht, Uhren zu verfertigen, die während des ganzen im Frühlingsaequinoktium beginnenden Jahres eine gleiche Geschwindig-

keit haben, also mit der mittlern Sonne gehen. Zeigt also eine solche Räderuhr, 12 Uhr, so tritt die mittlere Sonne in den Meridian. Will man aber eine Räderuhr, welche nach wahrer Sonnenzeit geht, so muß sie immer geändert werden, da es in der That bald früher, und bald später, als die gleichförmig gehende Uhr zeigt, Mittag wird. Um diese Aenderung vornehmen zu können, muß man wissen, wie groß die Zeitgleichung ist, um die Räderuhren nach wahrer Zeit richten zu können. Am 25. August 1842 war die Zeitgleichung = — 3′ 26,2″; also da die wahre Zeit um Mittag = 12 Uhr ist, so war die mittlere Zeit = 12 Uhr + (— 3′ 26,2″) = 11 Uhr 56′ 33,8″. Es trat also die mittlere Sonne früher in den Meridian, als die wahre; jene hatte eine kleinere Rektascention als diese. In München ist eine nach mittlerer Zeit gehende Räderuhr am Gebäude der kgl. Akademie der Wissenschaften angebracht. Für den 2. August 1843 beträgt die Zeitgleichung = + 6′; also ist für diesen Tag die mittlere Zeit um 12 Uhr wahrer Zeit = **W** + **Z** = 12 Uhr 6′; oder die wahre Zeit ist = 12^h — 6′ = 11^h 54′, wenn die eben erwähnte Räder- oder Normal-Uhr 12 Uhr zeigt. Die mittlere Sonne tritt also später als die wahre in den Meridian. Man läutet daher gegen die mittlere Zeit betrachtet, zu früh zum Gebet; und die Rektascension der mittleren Sonne ist größer, als in der wahren.

Um wie viel die Räderuhren, welche mittlere Zeit zeigen sollen, gegen die wahre Zeit zu früh oder zu spät gehen, zeigt eine in den meisten Kalendern enthaltene Tabelle. Z. B. vom 8. bis 14. Februar tritt die mittlere Sonne um 12^h 15′ wahrer Zeit in den Meridian; d. i. wenn die Sonnen-Uhr 12 Uhr zeigt, so muß eine nach mittlerer Zeit gehende Räderuhr 12 Uhr 15′ zeigen. Die Zeitgleichung ist also = + 15′. Genauer genommen soll die Zeitgleichung z. B 1844 am 8. Februar = seyn

10. „ =
12. „ =
14. „ =

So kann also für jeden Tag die Zeitgleichung aus der Tabelle genommen werden.

Wollen wir die Werthe der Zeitgleichung durchgehen, so finden wir sie 1842 am 11. Februar = + 14′ 34,7″ am größten

15. April = 0
15. Mai = — 3′ 55″ am kleinsten.
15. Juni = 0
26. Juli = + 6′ 9,5″ am größten.
1. Septb. = 0
3. Novbr. = — 16′ 17,8″ am kleinsten.
25. Dezbr. = 0

Somit traten nur am 15. April, 15. Juni, 1 September und 25. Dezember beide Sonnen zugleich in den Meridian, d. h. die richtig nach mittlerer Zeit gehenden Räderuhren müssen an diesen Tagen mit der Sonnenuhr dieselben Stunden, Minuten und Sekunden zeigen. Beinahe dieselbe Größe hat die Zeitgleichung für denselben Tag in andern Jahren. Z. B. für den 25. Mai beträgt sie 1830 = — 3′ 26,9″

1831 = — 3. 28,1
32 = — 3. 23,1
33 = — 3. 25,0
34 = — 3. 28,1
35 = — 3. 28,4
36 = — 3. 23,9
37 = — 3. 26,4
43 = — 3. 26,0
44 = — 3. 21.

Wollen wir die Zeitgleichung für mehrere aufeinander folgende Tage betrachten, so hatte man für 1842 im Juni den

20.	21.	22.	23.	24.	25.
+ 1′ 4″	+ 1′ 6″	1′ 30″	1′ 43″	1′ 56″	2′ 8″

26.	27.	28.	29.	30.
2′ 21″	2′ 33″	2′ 46″	2′ 58″	3′ 10″

für geringe Genauigkeit wurde aber in den Kalender eingetragen:

Zeitgleichung vom 23. bis 26. Juni = 2′;
27. „ 1. Juli = 3′, oder
die Räderuhren müssen vom 23. „ 27. Juni 12^h 2′
„ „ „ „ 27. Juni bis 1. Juli 12^h 3′ zeigen,
wenn es auf der Sonnenuhr 12 Uhr ist. Die Kalender können also die Zeit bis auf 30 Sekunden unrichtig angeben.

§. 33.

Nachdem wir uns mit der Sonne und ihren Bewegungen beschäftigt haben, so wollen wir dem zweiten am Himmel so merkwürdigen Gestirne — dem Mond — eine Zeitlang unsere Aufmerksamkeit widmen. Wir beginnen damit, die Entfernung des Mondes zu finden. Man denke sich etwa zwei Orte auf der Erde, die gleiche geographische Länge, aber eine sehr große Entfernung haben. Werden in diesen bekannten Orten die Zenithdistanzen, oder die Höhen des Mittelpunktes der Mondscheibe zu gleicher Zeit beobachtet, so kann man dadurch die Entfernungen des Mondes von den beiden Orten, und vom Mittelpunkte der Erde finden. Aus dieser allerdings unvollkommenen Messung resp. Bestimmung fand man die beinahe sich gleichbleibende Mondsdistanz = 60 Erdhalbmesser; also nahe 60 + 859,35 = 51561 Meilen. (Note 9.)

Wenn man ferner nach dem höchsten, und dann nach dem untersten Theil der Mondscheibe das Winkelinstrument richtet, die erhaltenen Höhenwinkel von einander abzieht, so erhält man den Winkel, der zwischen den von uns nach dem obern und untern Mondrande gehenden Linien liegt. Diesen Winkel, unter welchem uns also der Mond erscheint, nennt man den scheinbaren Durchmesser des Mondes; er beträgt nahe 31′ 13″.

Aus der bereits gefundenen Mondsdistanz, und diesem scheinbaren Durchmesser kann die Größe des wahren Mondsdurchmessers gefunden werden, da dieser die Basis eines gleichschenklichen Dreieckes ist, welcher der Winkel von 31′ 13″ gegenüberliegt. Angenähert bekommt man den Monds-Durchmesser = 468 Meilen, also der Mondshalbmesser = 234 M., somit etwas größer als der vierte Theil des Erdradius.

§. 34.

Wir sehen den Mond ohngefähr gegen Osten auf und im Westen untergehen, aber ihn auch wie die Sonne an den Sternen von West gegen Ost fortrücken; nur bewegt er sich viel schneller, da der Bogen, den er täglich von West gegen Ost zurücklegt, ohngefähr 13° 11′ beträgt, während die Sonne nur im Mittel 59′ fortrückt. Aus seiner Entfernung um diesen Winkel kann sein täglicher Weg gefunden werden, da man zu der Annahme berechtigt ist, daß er um die Erde einen Kreis zu beschreiben scheint, welchen er in $\frac{360°}{13° \, 11'}$ = 27 Tage und 7 Stunden ungefähr durchlauft. Die Zeit, welche also der Mond zum Umlauf in diesem Kreise braucht, ist das, was für die Sonne das Jahr ist. Die Größe seiner Bahn läßt sich aus jener Distanz berechnen; man wird sie nahe 324000 Meilen lang finden. Der Mond bewegt sich also nicht nur täglich wie die Sonne und Sterne von Ost gegen West, sondern auch in der Zeit von 27⅓ Tagen von West gegen Ost um die Erde.

Nach allen Beobachtungen bleibt der Mond so ziemlich in der Ekliptik. Höchstens ist seine Deklination um ohngefähr 5° größer oder kleiner als die größte oder kleinste der Sonne; wir sehen ihn daher manchmal höher, gleich hoch und tiefer als die Sonne.

Dadurch, daß er sich um die Erde in verschiedenen Deklinationen bewegt, und der Erde nahe ist, muß er manchmal zwischen der Erde und der Sonne seyn, und auch die

Erde zwischen ihm und der Sonne sich befinden. Denkt man sich eine Linie von der Erde nach der Sonne, so muß er ausser den zwei eben bemerkten Stellungen, links und rechts dieser Linie seyn. Wir bemerken, daß er in ziemlich gleichen Zeitperioden ganz dunkel ist, also gar nicht gesehen wird; somit kann er kein eigenes Licht haben, sondern wird wie unsere Erde von der Sonne beleuchtet. Wäre aber der Mond bloß eine Scheibe, so müßte er auf einmal dunkel oder hell werden; da dieß aber in der That nicht statt findet, zuerst nur sehr wenig, dann immer mehr beleuchtet erscheint, die Lichtgrenze von der westlichen Seite gegen die Mitte zu rücken beginnt, bis diese Grenze durch die Mitte geht, immer mehr gegen den östlichen Mondrand rückt, endlich nur mehr der östliche Rand wie eine Sichel beleuchtet, und hierauf nicht mehr gesehen wird, diese Lichtabnahme, und Beleuchtungsgrenze ganz so wie bei einer Kugel erfolgt, so kann der Mond keine Scheibe, sondern muß eine Kugel seyn.

Die verschiedenen Lichtzustände nennt man Mondsphasen.

Ist die Erde zwischen Sonne und Mond, so sehen wir die beleuchtete halbe Mondskugel ganz; wir sagen dann: es ist Vollmond; und weil er jetzt der Sonne entgegengesetzt ist, so geht er auf, wenn die Sonne untergeht. Bis zum darauffolgenden Sonnenuntergang hat er in seiner Bahn schon 13° 11′ gegen Osten zurückgelegt, geht also um beinahe eine Stunde später auf, weil diese 13° 11′, in Zeit verwandelt, 52′ 44″ betragen, ist er nicht mehr 180°, sondern 193° 11′, also eigentlich 1360 — 193° 11 = 196° 49′ von der Sonne entfernt, nähert sich dieser, und wir sehen nicht mehr die ganze beleuchtete Halbkugel, da der westliche, also der rechte, Mondrand schon im Schatten ist; man sagt jetzt: der Mond nimmt ab. So rückt nun der Mond der Sonne mit jedem Augenblick näher, aber auch die Lichtgränze vom westlichen gegen den östlichen Rand, bis der Mond nach ohngefähr 7 Tagen nur 90° von der Sonne entfernt ist,

also von uns aus westlich von der Sonne steht. Jetzt geht die Lichtgrenze durch die Mitte der uns sichtbaren Halbkugel, von der wir somit nur die Hälfte sehen. Diesen Lichtzustand nennen wir das letzte Viertel. Geht die Sonne auf, so steht der Mond beinahe im Meridian; ist's Mitternacht, so geht der Mond auf.

Er rückt jetzt immer mehr der geraden Linie zwischen Erde und Sonne näher, vom beleuchteten Theil wird immer weniger gesehen, bis er nach ohngefähr 7 Tagen vom letzten Viertel an, zwischen Erde und Sonne steht, eigentlich gleiche Rektascension mit der Sonne hat, wir also von der beleuchteten Seite gar nichts sehen können. Wir nennen diesen Zustand: den Neumond (das neue Licht beginnt). Der Mond geht jetzt mit der Sonne auf und unter. Am nächsten Tage ist er schon 13° 11′ östlich von der Sonne, die beleuchtete Seite wird am westlichen immer mehr und mehr sichtbar, so daß wir von uns aus gesehen, den Schatten zur Linken haben; der gemeine Mann sagt, man kann mit der linken Hand in die Sichel greifen, wenn der Mond zunimmt. Er geht dann nimmer später unter, und nach 7 Tagen nach dem Neumond wird die Hälfte der beleuchteten Mondskugel gesehen. Die Beleuchtungsgrenze muß uns wieder als Linie durch den Mittelpunkt gehend erscheinen. Diesen Zustand nennen wir das erste Viertel. Ist jetzt die Sonne im Untergehen begriffen, so geht der Mond durch den Meridian und wir sehen ihn noch die halbe Nacht. Von da weg geht er immer später auf, die Lichtgrenze rückt immer mehr gegen den östlichen Rand, bis wir wieder Vollmond haben, und die Lichtabwechselungen eben so wiederkehren.

Das erste und letzte Viertel nennt man die Quadraturen. Ist Vollmond, so ist die Sonne diesseits, der Mond jenseits der Erde, und man sagt: er ist in Opposition mit der Sonne; diese Stellung wird durch (☍) bezeichnet. Ist Neumond, so ist der Mond bei der Sonne, welchen Zustand man die **Conjunction** (☌) (Zusammenkunft)

nennt. Opposition (☍) und Conjunction (☌) nennt man zusammen die **Syzigien**. Da der Mond eine Kugel ist, so muß die Lichtgrenze vor und nach den Syzizien als halbe Ellipse erscheinen, deren große Axe der Mondsdurchmesser, und die halbe kleine Axe die größte scheinbare Entfernung der Grenze vom Durchmesser ist.

§. 35.

Wir wollen nun eine andere Untersuchung vornehmen. Ist nämlich der Mond im ersten oder letzten Viertel, so muß die Ebene der Lichtgrenze durch unsere Erde gehen; und wenn wir auf dem Monde an der Lichtgrenze stünden, so würden wir uns überzeugen, daß die geraden Linien vom Monde nach Sonne und Erde gezogen, im Mondsmittelpunkte einen rechten Winkel bilden würden. Folglich ist in diesem Augenblicke der Winkel zwischen den zwei Linien von der Erde nach Sonne und Mond ein spitzer; er wurde nahe $= 89° \; 51' \; 31''$, also der dritte Winkel in diesem rechtwinkeligen Dreieck, der seine Spitze in der Sonne hat $= 8' \; 29''$ gefunden. In diesem Dreieck kennt man auch eine Cathete, nämlich die Mondsdistanz, also kann die Hypothenuse, d. i. die Sonnendistanz durch Rechnung erhalten werden. Angenähert erhält man: E n t f e r n u n g d e r S o n n e v o n d e r E r d e = 21 Millionen Meilen. Allerdings ist diese Methode, die schon in frühester Zeit angewendet wurde, unvollkommen, weil es nicht leicht ist, gerade im rechten Zeitpunkt den Mond anzuvisiren; wir haben aber durch sie einen angenäherten Werth für die Sonnenweite erhalten, der für unsern nachfolgenden Zweck genau genug ist. Aehnlich wie beim Monde wird d e r s c h e i n b a r e D u r c h m e s s e r d e r S o n n e = 32 Raumminuten gefunden. Es ist uns also jetzt möglich, den wahren Sonnendurchmesser dadurch zu berechnen, daß man diesen Durchmesser als kleinen Bogen des Kreises betrachtet, dessen Radius die Sonnenentfernung ist, indem man setzt: $360° : 2r\pi = \left(\frac{32}{60}\right)^{\circ}$: Sonnendurchmesser. Hier-

aus findet man angenähert den wahren Durchmesser der Sonnenscheibe = 195000 M.

§. 36.

Nach dieser kleinen Digression wollen wir wieder zum Monde zurückkehren. Weil unsere Erde und der in kurzer Entfernung um sie laufende Mond von der Sonne beleuchtet werden, und der Sonnendurchmesser viel größer ist, als der der Erde und des Mondes, so müssen diese Körper einen Schattenkegel hinter sich bilden, dessen Axe in der Verlängerung der geraden Linie liegt, welche die Mittelpunkte der Sonne und Erde, oder der Sonne und des Mondes verbindet. Aus den bereits bekannten Entfernungen und den gefundenen wahren Durchmessern ergibt sich die Entfernung der Spitze des Erdschattens von der Erde zu ohngefähr 180000 Meilen, und vom Mond ist seine Schattenspitze ohngefähr 50000 Meilen entfernt.

Tritt nun der Mond ganz in den Erdschatten, welches nur in der Opposition geschehen kann, so wird ihm das Sonnenlicht entzogen, und wir sagen dann: es ist eine totale Mondsfinsterniß. Geht aber der Mond nur zum Theil in den Erdschatten, so heißt die Mondsfinsterniß eine partiale.

Auch aus der Begrenzung des Erdschattens auf dem Monde kann man schließen, daß die Erde rund seyn müsse.

Denken wir uns die gerade Linie von unserm Auge nach dem Mittelpunkt der Sonne, dann den Mittelpunkt des Mondes in dieser geraden Linie, so sehen wir die Sonne verfinstert. Weil aber manchmal der scheinbare Durchmesser des Mondes sich größer zeigt, als der der Sonne, so sehen wir gar nichts von der Sonne; und dieß heißt dann eine totale Sonnenfinsterniß. Ist der scheinbare Mondsdurchmesser kleiner, so ist nur ein Ring von der Sonne sichtbar, und man hat eine ringförmige Sonnenfinsterniß. Wird nur ein Theil der Sonnenscheibe durch den Mond bedeckt, ist also

ein Theil des Mondes außer der Sonnenscheibe, so ist die Sonnenfinsterniß partial. Ist ein anderer Beobachter weit von uns entfernt, so wird er die Sonnenfinsterniß gar nicht, oder er muß sie anders sehen.

Hingegen bleibt der Augenblick des Eintrittes des Mondes in den Erdschatten, oder der Anfang und auch das Ende der Mondsfinsterniß für alle jene Bewohner der Erde gleich, welchen es möglich ist, den Ein- und Austritt zu sehen. Daher können die Mondsfinsternisse zu Längenbestimmungen benützt werden.

Da wir im Mittelpunkt der Himmelskugel und der Ekliptik sind, so kann eine Verfinsterung nur dann sich ereignen, wenn der Mond in der Ebene der Ekliptik ist; und zwar Mondsfinsterniß beim Vollmond, und Sonnenfinsterniß, wenn Neumond ist. Daher erhielt diese Ebene den Namen Ekliptik (die Ebene der Verfinsterung).

§. 37.

So wie die Umlaufszeiten der Sonne verschiedene Benennungen erhielten, so hat man sie auch denen des Mondes gegeben, von welchen wir hier einige angeben wollen; die übrigen sollen in der Folge am gehörigen Orte angeben werden. Die Zahl der Tage, welche der Mond braucht, um von einem Sterne, der in seiner Bahn liegt, bis wieder zu demselben zu kommen, nennt man seinen periodischen oder siderischen Umlauf; die Zeit, um von der Sonne bis wieder zu ihr zu kommen, heißt seine synodische Umlaufszeit.

Die Länge des periodischen Umlaufs beträgt 27,3216 Tage,
„ „ „ synodischen „ „ 29,5308 „
denn bis 27,3 Tage verfließen, ist die Sonne beinahe 27 Grade gegen Osten in der Ekliptik fortgerückt, und diesen Bogen hat der Mond noch zurückzulegen, bis er mit der Sonne zusammenkommt, daher der periodische Umlauf kürzer ist, als der synodische.

Einen synodischen Umlauf nennt man einen **synodischen Monat**, der in 4 kleinere Zeitabschnitte durch die 4 Lichtzustände des Mondes in **Wochen**, und jede Woche zu 7 Tagen angenommen zerfällt.

Im bürgerlichen Leben wird nur der synodische Monat beachtet, der wohl schon vor mehreren 1000 Jahren zu Zeitrechnungen benützt wurde.

Man nennt 12 synodische Monate ein Mondjahr, welches also nur 354 Tage, 8 Stunden 52′ 13″ lang ist. Nimmt man ein tropisches oder Sonnenjahr 19 Mal, und dividirt in dieses Produkt mit der Größe eines synodischen Monats, so erhält man sehr nahe 235; d. h. 235 synodische Monate sind = 19 Jahren; oder nach 19 Jahren werden die Neu- und Vollmonde an eben denselben Tagen wieder eintreten. Schon vor 432 Jahren vor Chr. Geburt wurde diese Erfindung von **Meton** gemacht, und zur Bestimmung der Olympiaden allgemein eingeführt. Diese Mondsperiode (Mondscyclus) von 19 Jahren wird noch immer in den Kalendern beibehalten, und durch die **goldene Zahl** (das Jahr in diesem Cyclus) bezeichnet; z. B. 1842 war die goldene Zahl 19, also das letzte Jahr; 1843 hat zur goldenen Zahl 1, d. h. 1843 ist das erste Jahr in diesem Cyclus. Wie die regelmäßigen Bewegungen des Mondes und der Sonne zur Zeitrechnung benützt werden können, und welche willkührliche Annahmen bei Festsetzung des Anfanges der Jahre (des julianischen und gregorianischen), der Monate und ihrer Größe, statt fanden, muß in den Lehren für Chronologie nachgelesen werden. Für Historiker und Theologen ist Chronologie von großer Wichtigkeit.

§. 38.

Unter den zahllosen Mengen von Sternen an der Himmelskugel, sieht man einige Sterne, die meistens eine ähnliche Bewegung wie die Sonne und der Mond haben, manchmal, wie oben schon erwähnt wurde, stille stehen, zurück

gehen, wieder stille stehen und nun erst der, wie es scheint, allgemeinen Bewegung von West nach Ost folgen, jedoch auch die tägliche Bewegung von Ost nach West beibehalten.

Sie kommen beinahe an denselben Sternen vorbei, an welchen die Sonne während ihres jährlichen Umlaufes vorüber gegangen ist; entfernen sich also nie weit von der Ekliptik. Wir haben sie Planeten genannt. Selbst zwei von ihnen entfernen sich nie weit von der Sonne, eilen dieser voraus, und gehen dann wieder zurück, um neuerdings umzuwenden, der Sonne nach und dann vor ihr her zu gehen, und laufen so mit der Sonne um die Erde. Der eine entfernt sich nie über 32° von der Sonne, und ist daher nur dann zu sehen, wenn er 28—30° von der Sonne entfernt ist, weil er sonst in den hellen, ohngefähr 18° breiten Streifen nicht gesehen wird, der durch die Sonnenstrahlen eine Stunde vor Sonnenaufgang gegen Osten entsteht, und wieder am westlichen Horizonte eine Stunde nach Sonnenuntergang noch vorhanden ist, welchen Zustand wir Morgen= und Abenddämmerung nennen. Ist der Planet außer dem Dämmerungsbogen, so kann er über eine Stunde vor Sonnenaufgang am östlichen Horizont, ein anderesmal, wenn er östlich der Sonne ist, über eine Stunde nach Sonnenuntergang am westlichen Horizont gesehen werden, geht aber dann auch gleich unter. Bei einer kleinern Entfernung von der Sonne ist er nicht sichtbar, und geht mit ihr auf und unter. Wegen seiner großen Beweglichkeit erhielt er den Namen Merkur; er bleibt nicht genau in der Ekliptik, sondern hat manchmal eine um einige Grade größere Deklination, als der Punkt der Ekliptik, welcher gleiche Rektascension mit ihm hat.

Der andere von diesen beiden Planeten zeigt die nämlichen Erscheinungen, wie Merkur, nur daß er sich viel weiter östlich und westlich von der Sonne entfernt. Diese Entfernung beträgt oft über 50°. Dadurch kann er um 3 Stunden früher und später untergehen, als die Sonne. Er hat ein sehr helles flackerndes Licht, und überstrahlt dadurch so

zu sagen alle übrigen Sterne. Oft ist sein Glanz so groß, daß man ihn gleich nach Sonnenuntergang, auch sogar am hellen Tage sehen kann. Wahrscheinlich wegen seines schönen Lichtes gab man ihm den Namen **Venus**. Weil nun die Venus der Sonne in Bezug auf tägliche Bewegung mehrere Monate vorangeht, und auch derselben mehrere Monate folgt, so nannte man sie den **Morgen-** und **Abendstern** (Hesperus 2c). Sie bleibt nicht in der Ekliptik, erhebt sich aber nicht so hoch über diese, wie der Merkur. Früher wurde oft der Merkur mit der Venus verwechselt, und jener auch Morgen- und Abendstern genannt.

Ein dritter, mit freiem Auge gut sichtbarer Planet ist gegen die vorigen durch seine kupferröthliche Farbe und durch seine Bewegung verschieden. Wegen der Farbe erhielt er den Namen **Mars**. Seine Abweichung von der Ekliptik beträgt wenig, und verfolgt man ihn in dieser, so bemerkt man, daß er beinahe 687 Tage braucht, um von einem Stern in der Ekliptik bis wieder zu demselben zu kommen. Während dieser Umlaufszeit hat er eine ungleiche Geschwindigkeit, man sieht ihn stille stehen, viele Tage lang zurück gehen, seine Geschwindigkeit wird wieder = 0, worauf er in der Ebene der Ekliptik, von West nach Ost fortgeht. Diese sonderbaren Veränderungen erneuern sich immer, aber nicht in gleichen Zeiten. Nur die Zeit seines Umlaufs bleibt konstant.

Der vierte Planet, **Jupiter**, an Helle beinahe der Venus gleich, aber mit sanfterem, etwas gelblichtem Lichte, bewegt sich wieder von Abend gegen Morgen beinahe in der Ebene der Ekliptik, mit denselben Erscheinungen wie Mars, nur braucht er 4332,6 Tage, beinahe 11 Jahr $10\frac{1}{2}$ Monat, zu einem siderischen Umlauf.

Endlich bewegt sich noch ein fünfter Planet, **Saturn**, in derselben Richtung, wie die vorigen, um unsere Erde, in nahe 10759 Tagen oder nahe 29 Jahren 5 Monaten von einem Stern bis wieder zu demselben; sein Licht ist blaß.

§. 39.

Diese Planeten waren natürlich schon in frühester Zeit bekannt, da man sie ja mit freiem Auge beobachten konnte.

Um die Erde laufen also zuerst der Mond, dann die Sonne. Von Merkur und Venus wußte man nicht, ob jeder für sich um die Erde, oder zuerst der Merkur, dann in größerer Entfernung die Venus um die Sonne, und so beide mit der Sonne um die Erde sich bewegen. Durch die Bewegung beider Planeten um die Sonne, ließen sich die Erscheinungen als Morgen- und Abendstern leicht erklären; weil aber dieses Zurücklaufen und Stillestehen sich auch bei den übrigen zeigte, man wohl erkannte, daß sie sich beinahe in der Ebene der Ekliptik bewegten, und ihre Entfernung desto größer annahm, je größer ihre Umlaufszeiten waren, so ließ man zuerst den Mond, dann den Merkur, die Venus, hierauf Sonne, Mars, Jupiter und Saturn um die Erde sich bewegen.

Um aber das Stillestehen, und die rückgängigen Bewegungen der Planeten zu erklären, ließ man sie nicht in Kreisen, sondern in Epizikeln fortlaufen. Diese Hypothese erklärte die verschiedenen Geschwindigkeiten und Bewegungen der Planeten so ziemlich gut. Wir wollen uns aber jetzt mit dieser und den übrigen Hypothesen nicht weiter befassen, sondern dem Sternenheer einige Aufmerksamkeit widmen.

§. 40.

Der Ort eines Sternes kann, wie früher gezeigt wurde, erstens durch sein Azimuth und seine Höhe in Bezug auf den Horizont, dann zweitens durch seine Rektascension und Deklination auf den Aequator bezogen, und drittens durch Bestimmung seiner Länge und Breite in Bezug auf die Ekliptik festgesetzt werden. Für die letzten zwei Fälle hat man einen fixen Punkt am Himmel, nämlich das erste Aequinoktium, welches durch den beobachteten Gang der Sonne, d. h. durch ihren Eintritt in den Aequator bestimmt wird. Die Auffin-

dung dieses Durchschnittspunktes, wie weit er von einem Fixsterne entfernt ist, der im Aequator sich befindet, kann nicht Gegenstand der Geographie seyn. Ist er aber gefunden, so können Rektascensionen und Deklinationen aller Sterne erhalten werden. Bringt man diese Daten in eine Uebersicht, vielleicht nach den Rektascensionen zunehmend, so entsteht ein Sternverzeichniß. Werden Rektascension und Deklination vielleicht so aufgetragen, wie sie oben zur Darstellung der Ekliptik angerathen wurden, so bekommt man eine Sterncharte.

Damit die Sterne leicht aufgefunden werden konnten, hat man immer mehrere, welche nahe beisammen stehen, in eine Gruppe zusammengenommen und diese Gruppe durch irgend ein Bild darzustellen gesucht, welches dann ein Sternbild genannt wurde. Dadurch ist die ganze Himmelskugel in Sternbilder abgetheilt. Schon in frühester Zeit hatte man 48 Sternbilder; in neuerer Zeit wurden sie noch um einige vermehrt. Unter den Sternbildern findet man ein Dreieck, verschiedene mathematische Instrumente und Maschinen; dann eine Leyer, Kronen, verschiedene Thiere, Menschen, die in der Vorzeit berühmt waren, u. s. w. Diese Bilder sollten Anfang und Ende verschiedener Zeiten, welche auf die zu verrichtenden Arbeiten oder andere Handlungen Bezug hatten, bezeichnen, oder ausgezeichnete Thaten der Menschen, Erfindungen u. s. w. verewigen.

Vorzüglich hat man jene Sterngruppen, durch welche die Sonnenbahn geht, durch Thiere bezeichnet, und daher die ganze Reihe der Sternbilder, in welcher die Kreisbahn der Sonne ist, den Thierkreis — Zodiacus — genannt. Die Zahl der Sternbilder in diesem Kreise, d. i. in der Ekliptik wurde auf zwölf festgesetzt, und jedes durch ein dem Bilde entsprechendes Zeichen bezeichnet, daher man sie die Zeichen des Thierkreises nennt. Man hat aber auch die Ekliptik in zwölf gleiche Theile getheilt, und jedem Theil ein solches Thier oder Zeichen zugewiesen. Dadurch kommen auf jedes Zeichen 30°. Wenn nun in der Ekliptik von West

über Süd, Ost, Nord fortgezählt wird, so treffen der Reihe nach folgende Sternbilder:

1. der Widder, mit ♈ bezeichnet
2. der Stier " ♉ "
3. die Zwillinge " ♊ "
4. der Krebs " ♋ "
5. der Löwe " ♌ "
6. die Jungfrau " ♍ "
7. die Wage " ♎ "
8. der Scorpion " ♏ "
9. der Schütz " ♐ "
10. der Steinbock " ♑ "
11. d. Wassermann " ♒ "
12. die Fische " ♓ "

Schon vor dem 19. Jahrhundert vor Christi Geburt hatte man den Thierkreis eingeführt, mit dessen Eintheilung sich die thebanischen Priester und die Chaldäer sehr beschäftigt haben. 300 und einige Jahre vor Chr. G. war die Sonne bei ihrem Eintritt in den Aequator auf ihrem Weg von der südlichen in die nördliche Himmelskugel im Sternbilde des Widders; seit dieser Zeit ist immer noch der Widder das erste Zeichen im Thierkreise; somit mußte die Sonne bei ihrem zweiten Aequatorsdurchgang im Sternbilde der Wage seyn. Aus dieser Ursache bezeichnet man das erste Aequinoktium mit (♈) und das zweite durch (♎). Jetzt findet man die Aepuinoktialpunkte nicht mehr in den Bilvern des Widders und der Wage, sondern das erste in den Fischen und das zweite in der Jungfrau, um beinahe 30° westlicher als sonst. Man nennt aber noch immer die ersten 30 Grade der Ekliptik vom ersten Aequinoktialpunkt an, das erste Zeichen, oder das des Widders; die zweiten 30 Grade, das zweite Zeichen, oder das des Stieres u. s. f.

Ist also die Länge der Sonne 30°, so kommt sie in den 31°, und man sagt: die Sonne tritt in das Zeichen des Stiers. Ist ihre Länge 137°, so ist sie im 17° des fünften

Zeichens, also in der Jungfrau; man sagt dann: ihre Länge ist 4 Zeichen und 17°. Die ersten 6 Zeichen sind natürlich in der nördlichen Himmelskugel; man nennt sie deßwegen die nördlichen, die andern 6 die südlichen Zeichen. Vom Frühjahr bis Ende Sommer ist also die Sonne in den nördlichen Zeichen.

§. 41.

Man sieht wohl schon beim ersten Anblick des Himmels, daß nicht alle Sterne eine gleiche Helligkeit, Farbe ihres Lichtes u. s. w. haben, daß nur wenige Sterne am stärksten leuchten, eine schon größere Menge ein etwas schwächeres Licht besitzen, und wieder eine größere Sternenzahl eine noch geringere Lichtstärke haben u. s. f. Da wir Erdebwohner nun glauben, daß die Entfernungen aller Sterne von uns gleich dem Halbmesser der Himmelskugel sind, so meinen wir auch jene Sterne müßten die größten seyn, welche wir am besten sehen also am stärksten leuchten, und nennen diese deßwegen Sterne erster Größe, die weniger hellen, der zweiten, und so der dritten, mit immer schwächerm Glanz bis zur zwölften Größe. Wollen wir annehmen, daß bei Sonnenuntergang eine reine Luft vorhanden ist, so sieht man die Sterne erster Größe $^3/_4$ Stund nach Sonnenuntergang; nach weitern 15 Minuten können auch die der zweiten, nach nicht ganz $^1/_4$ Stunde die die der dritten Größe u. s. w. mit freiem Auge gesehen werden. Kaum kann man die der sechsten Größe sehen; die übrigen nur mit Fernröhren. Von den Fixsternen der ersten Größe zählt man 14; der zweiten 70; der dritten gegen 300. Man behauptet, mit freien Augen 3000, aber mit Fernröhren noch über 150 Millionen Sternen sehen zu können. Den Sternen erster, häufig auch zweiter und dritter Größe gab man eigene Namen; aber auch Buchstaben, so daß in jedem Sternbilde der hellste Stern α, die von einem geringern Lichte mit β, γ, δ.... bezeichnet sind. Die übrigen Sterne in jedem Bilde erhielten fortlaufende Zahlen.

Auf jeder Sternkarte muß nun nicht nur jeder Stern nach seiner Rektascension und Deklination eingetragen, sondern auch neben jedem der Buchstabe oder die Nummer geschrieben, und jeder durch ein eigenes Zeichen, ob er ein Stern erster, zweiter, ꝛc. Größe ist, bezeichnet seyn. Auch muß jedes Sternbild begrenzt, oder die Figur durch leichte Umriße dargestellt, erscheinen.

§. 42.

Wird das Auge gegen Norden gerichtet, so erblickt man sogleich eine Sterngruppe von sieben sehr hellen Sternen der zweiten Größe; vier von ihnen bilden ein längliches Viereck, die übrigen drei, so zu sagen von einem Ecke auslaufend, liegen in einer etwas gekrümmten Linie. Diese Gruppe heißt der große Bär. Die ersten 4 Sterne sind auf seinem Bauche, die andern 3 im Schweif. Diese 7 Sterne hießen sonst septem triones, oder die 7 Dresch- oder Pflugochsen des Icarus; daher noch immer die nördliche Himmelsgegend septentrio genannt wird. Auch nennt man sie das Siebengestirn, den Himmelswagen, von welchem die im Viereck stehenden die vier Räder, die andern 3 die Deichsel bezeichnen sollen.

Ohngefähr in Mitte des Monats Juni, Abend 9 Uhr ist die Spitze der Deichsel im Zenith eines Ortes dessen Breite beinahe 50° beträgt. Von dieser Spitze weg liegen die übrigen 6 Sterne in nordwestlicher Richtung. Um dieselbe Stunde, Mitte Juli wird diese Sterngruppe schon tiefer und mehr gegen Nordwest gesehen; Mitte November ist sie ganz im Norden, und nur ohngefähr 10° über dem Horizonte; u. s. w.

Wieder Mitte Juni um 9 Uhr angenommen, ist von der Spitze der Deichsel ohngefähr 40° gegen Norden eine ganz ähnliche Gruppe; jedoch sind diese sieben Sterne gegen die der vorigen Gruppe entgegengesetzt geordnet, und nicht so weit von einander entfernt. Dieses Bild heißt der kleine Bär, oder auch der kleine Wagen. Er besteht

aus 20 Sternen, von denen nur 2, der eine am Körper, der andere am Ende des Schweifes, Sterne zweiter Größe, von den übrigen 4 dritter Größe sind. Der letzte im Schweif mit α bezeichnet, ist der nächste am Nordpol, also der Polarstern. Um diesen gehen somit die beiden Bären, daher er auch der arktische, also der südliche der antarktische Pol heißt.

Denkt man sich die Hinterräder des großen Wagens, von denen das obere mit α das untere mit β bezeichnet ist, als eine gerade Linie, so geht sie verlängert, nahe am Polarstern vorbei, wodurch dieser leicht gefunden werden kann.

So könnte nach und nach von jedem Sternbilde vorgenommen werden, wann es am Himmel zu sehen, wo und wie es gelegen, und aus welchen und wie vielen Sternen das Bild zusammengesetzt ist. Eine kurze Anleitung zu Auffindung der Sterne und Sternbilder habe ich in einer Note beigefügt, mit der man sich leicht zurechtfinden kann, besonders wenn man noch mit einer kleinen Sternkarte versehen ist. Natürlich müssen auf dieser Karte die bereits erwähnten Linien und Punkte von der Himmelskugel, also der Aequator, die Eklip= mit den Polen, die Meridiane und Parallelkreise konstruirt seyn. Wie die Konstruktion dieser Linien auf dem ebenen Papiere bewerkstelligt werden könne, wird in der Folge gezeigt werden.

Von den alten 48 Sternbildern sind 27 in der nördlichen und 21 in der südlichen Himmelskugel; jedoch bildet der Aequator nicht die Grenze zwischen diesen 27 und 21 Sternbildern, sondern wenn der größte Theil des Bildes auf der nördlichen Kugel ist, so wird es zu den nördlichen Bildern gezählt.

§. 43.

Das größte Sternbild, wenn man es es so nennen will, ist ein weißer ziemlich breiter Streifen, der beinahe durch die Mitte der Himmelskugel geht, und zwar durch den 90ten

und 270° der Ekliptik, also durch das nördliche und südliche Solstitium, jedoch nicht durch den Nordpol, sondern 25° entfernt, und dem großen Bären entgegengesetzt am Pol vorbei. Dieser lichte Streifen wird die Milchstrasse genannt, von der die Alten, so wie von den Sternbildern mancherlei Mythen hatten; ferner werden oft sehr viele Sterne ganz neben einander gesehen, die dann Sternhaufen auch Nebensterne heißen; z. B. die Plejaden und Hyaden; endlich wurden auch Sterne beobachtet, die nach und nach an Licht so zunehmen, daß sie als Sterne erster Größe glänzten, dann wieder abnahmen, und dann gar nicht wieder zu sehen waren. Manches könnte hier noch besprochen werden, was mit freiem Auge bemerbar ist; das noch zu Erwähnende wird jedoch in der Folge bei gehöriger Gelegenheit vorkommen.

§. 44.

Bevor wir zu den Erfahrungen der neuern Zeit in Bezug auf mathematische Geographie übergehen, wollen wir in die Vorzeit zurückblicken, um in Kürze die Meinungen und Annahmen Jener kennen zu lernen, die sich diesen Gegenstand zu ihrem Studium wählten.

Atlas lehrte die Bewegung des Himmels um seine Axe.

Die Chaldäer führten den Thierkreis ein. Die Egytier nahmen die Erde unbeweglich an, und ließen um diese den Mond, dann die Sonne, hierauf den Mars, den Jupiter und zuletzt den Saturn, ausserhalb diesem erst den Firsternhimmel, aber um die Sonne Merkur und Venus laufen.

Pythagoras lehrte, daß die Sonne stille stehe, und um diese sich die Erde, dann Merkur, Venus, Mars ... bewege, auch die Erde eine Drehung um ihre Axe habe.

Plato (429 v. Chr.) behauptete, daß die Erde ruhe, um diese mehrere Sphären seyen, und sich in der ersten Sphäre der Mond,

der zweiten die Sonne .... in der siebenten Saturn, endlich in der achten die Firsterne bewegen.

Eudoxus (400 v. Chr.) lehrte wie Plato, nur ließ er die Planeten in Epizykeln sich bewegen.

Aristoteles (384—321) bewunderte das System von Eudoxus.

Chrisipp, der Stoiker, (300) nahm die Erde ebenfalls ruhend an, und lehrte, daß um diese zuerst der Mond, dann die Sonne, hierauf die Venus, der Merkur, Mars, Jupiter und Saturn sich bewegen.

Aristarch (264) aus der alexandrinischen Schule, stellte neuerdings die Hypothese auf, daß die Sonne still stehe, und sich um die Erde der Mond u. s. w. bewege.

Appolonius von Pergäus (240) behauptete wieder, daß die Erde der Mittelpunkt der Bewegung sey, die Erde sich um ihre Axe drehe, um sie der Mond, dann die Sonne, aber um die Sonne, Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn laufen; ausser diesen befinde sich erst die Himmelskugel mit den Firsternen; aber auch die Planeten seyen runde glänzende Körper, die sich um ihre Axe drehen.

Ptolomäus (139 nach Chr. G.) nahm die Axendrehung der Erde an, und lehrte, daß um diese der Mond, dann Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter, Saturn und das Sternenheer sich bewege, so wie es die Chaldäer behaupteten. Dieses System beschrieb er, und nannte es *μεγαλη Συνταξις*, auch magna constructio. Die Araber nannten dieses Werk **Almagestum** und die Alexandriner *μεγαν αστρονομον*.

Er ließ die Planeten in Epizykeln um die Erde laufen.

Im fünften Jahrhundert behauptete Martianus Capella wie die alten Egytier, daß sich zuerst der Mond, dann die Sonne, nach dieser Mars, Jupiter und Saturn um die Erde, aber Merkur und Venus sich um die Sonne bewegen.

Copernikus stellte im Jahre 1507 das System des

Pythagoras wieder her, nur mit der Abänderung, daß sich der Mond um die Erde bewege. Nach diesem System ist also die Sonne der Mittelpunkt der Bewegung für die Planeten. Um die Sonne würden sich also kreisförmig bewegen: der Merkur, dann die Venus, nach dieser die Erde mit ihrem Mond, hierauf Mars, und dann Jupiter und Saturn. Nach vielen Vergleichungen und Beobachtungen erklärte er dieses System als das einzig wahre.

Dieses widersprach aber der heiligen Schrift; daher beinahe am Ende des 16ten Jahrhunderts **Tycho de Brahe** die Behauptung aufstellte, daß bie Erde im Centrum der Himmelsbewegung sich befinde; um die Erde der Mond, dann die Sonne, aber um diese Merkur, Venus und Saturn laufe. Wie man sieht, ist diese Behauptung ganz die Hypothese des Appolonius.

In der Mitte des 17ten Jahrhunderts wurde Tychos System durch Riccioli etwas abgeändert, der annahm, daß nur Merkur, Venus und Mars um die Sonne, aber Mond, Sonne, Jupiter und Saturn sich um die Erde bewegen; also beinahe so wie Martianus Capella.

Diesen verschiedenen Systemen wurde noch vor 150 Jahren gehuldigt; besonders gilt dieses dem egytischen und ptolomäischen System; sie stellen Alles ganz natürlich, scheinbar richtig dar; man sieht ja täglich, daß es so ist!? Indessen wurden durch Kopernikus die Geister aus ihrem tausendjährigen Schlaf geweckt; man begann die alten Systeme zu verwerfen, ein neues anzuerkennen, und die schon vor Jahrtausenden erkannte Wahrheit auf den Thron zu setzen. Dazu aber mußten viele Vorbereitungen, große und genaue Messungen vorgenommen und ausgeführt werden, da man wohl einsah, daß Alles von der Genauigkeit der Dimensionen unsers Erdkörpers abhänge.

§. 45.

Die Erfindung der Fernröhre im Anfange des 17ten Jahrhunderts, welche natürlich auch eine Verbesserung der Meßinstrumente zu Folge hatte, führte den Sturz der früheren Systeme vollends herbei. Da die Fernröhre den Zweck haben, durch sie entfernte Gegenstände möglichst deutlich zu sehen, so richtete man sie natürlich auch nach Sonne, Mond, nach den beweglichen, und nach den Fixsternen. Welche Erscheinungen stellten sich dem Beobachter dar! Erscheinungen, die er sich zuvor kaum zu denken wagte, von welchen er gar keine Idee hatte. Zahllos waren die Sterne schon auf einem kleinen Raum; die Planeten sah er nicht mehr als leuchtende Punkte, sondern als helle Scheibchen; die Venus wie den Mond in verschiedenen Lichtgestalten, und um den Saturn einen länglichen Schein, der sich wieder veränderte; u. s. w.

§. 46.

Die Fernröhre zeigten auf der Sonnenscheibe, von Osten gegen Westen sich fortbewegende schwarze Flecken, die oft, beinahe noch dieselbe Figur bildend, nach ohngefähr 25 Tagen auf demselben Punkt der Sonne gesehen wurden; auch gingen sie nicht in grader Linie, sondern in einem Bogen, jedoch von kleiner Krümmung, auf der Sonnenscheibe fort. Dieß mußte zu dem Schlusse führen, daß die Sonne keine Scheibe, sondern ein runder Körper sey, der sich in 25 Tagen um seine Axe von West nach Ost drehe; daß aber auch diese Umdrehung mit gleicher Geschwindigkeit geschehen müsse, da die Sonnenflecken immer 12½ Tage bedürfen, um von einem Sonnenrand zum andern zu kommen; d. h. von der Erde aus werden sie immer 12½ Tage lang gesehen.

Da diese Thatsache nicht bestritten werden kann, also die Sonne ein kugelförmiger Körper seyn muß, und wir oben schon einen angenäherten Werth des Sonnendurchmessers = 195000 Meilen gefunden haben, so ergibt sich die angenäherte

körperliche Größe der Sonne = 3882 Billionen Kubikmeilen, während unsere Erde nur 2660 Millionen solcher Meilen hat, somit ist die Sonne 1½ Millionenmal größer als die Erde.

§. 47.

Berechnen wir aus der Entfernung der Sonne die Länge des Weges, welchen sie während eines Tages zurücklegen soll, so bekommt man nahe 132 Millionen Meilen. Mit dieser Geschwindigkeit würde sie in einer Stunde tausendmal um die Erde kommen. Schon die alten Geographen, z. B. Ptolomäus, haben erkannt, daß Mars, Jupiter und Saturn, der erste ohngefähr 2mal, der andere 11mal, und der dritte 29 mal weiter von der Erde entfernt seyn müßte, als die Sonne; und noch weit hinter diesen Planeten das Himmelsgewölbe mit den Firsternen. Und nun soll der gegen die Erde so große Sonnenkörper mit dem so ungeheuer weit entfernten Firsternhimmel sich täglich um die Erde bewegen? Es ist daher den Naturgesetzen angemessener, zu behaupten, daß sich der kleine Erdkörper um seine Are drehe. Die Abwechselungen von Tag und Nacht müssen dieselben seyn, ob die tägliche Umwälzung des ganzen Himmels, oder die der Erde statt findet. Dieser Umschwung der Erde muß von Westen über Süd nach Osten geschehen, sonst könnten die Sonne und übrigen Gestirne nicht täglich von Ost nach West zu gehen scheinen. Wegen der in jedem Augenblick auf uns wirkenden Anziehungskraft, empfinden wir den täglichen Umschwung der Erde nicht; deßwegen glauben wir immer in gänzlicher Ruhe zu seyn.

Einen unmittelbaren Beweis der Arendrehung der Erde fand Benzenberg aus den Versuchen über den Fall der Körper aus großen Höhen, bei denen es sich ergab, daß eine Abweichung des auf den Boden fallenden Körpers vom Fußpunkte des ruhig hängenden Perpendikels — gegen Osten sich zeigte.

§. 48.

Der Umschwung der Erde mußte auf ihre Gestalt bedeutende Folgen haben. Denn die Theile der Erde an den Polen haben dadurch eine sehr kleine Geschwindigkeit, hingegen die Theile am Aequator die größte. Im weichen Zustande mußten sich durch diese Rotation die Erdtheile mehr gegen den Aequator ziehen, also sich dort ansammeln, wodurch die Theile an den Polen nachrücken mußten. Die Theile am Aequator würden vermöge der Schwung-, Flieh- oder Zentrifugalkraft weggeschleudert worden seyn, wenn sie nicht durch die Anziehungs- oder Zentripetalkraft gehalten worden wären. Die Pole haben sich dadurch dem Aequator genähert, oder wie man sagt: die Erde ist abgeplattet. Sie erhielt also am Aequator eine größere Ausdehnung, was nothwendig einen Aequatorsdurchmesser geben mußte, der größer als die Erdaxe ist.

§. 49.

Nachdem man erkannt hatte, daß die Erde keine Kugel seyn könne, so ging man an die Lösung der Aufgabe, in welchem Verhältnisse der Aequatorsdurchmesser zur Erdaxe stehe. Ueberdieß mußten die Erscheinungen an der Sonne und den Planeten die Beobachter ohnehin schon in die größte Thätigkeit versetzen, große Messungen auf der Erdoberfläche zu veranstalten, daraus jene Aufgabe zu lösen, um die Ursache jener Erscheinungen auffinden und erklären zu können.

Aus der (wie früher schon erwähnt) möglichst genau gemessenen langen Linie als Basis eines weit ausgedehnten Netzes von Dreiecken, deren Seiten wieder sehr lang sind, dann der durch vorzüglich gute Winkelinstrumente gemessenen Winkel zwischen je zwei Seiten dieser Dreiecke, war es möglich, die Größe dieser Dreieckseiten, d. i. die kürzeste Entfernung der Punkte oder Orte voneinander, als Bogen größter Kreise auf der Meereskugel zu erhalten, nachdem zuvor schon die Basis auf die Meeresfläche reduzirt

wurde. Dadurch konnte auch die Entfernung jener Dreiecks-punkte, welche von Süd gegen Norden die äußersten des Dreiecknetzes waren, berechnet werden, und durch Beobachtung ihrer Breiten erhielt man ihren Breitenunterschied, der jener Entfernung entsprach. Aus diesen Messungen auf der Erdoberfläche und zugleich am Himmel, erhielt man neuerdings einen schon genauern Werth für den Radius der Erde. Ich habe früher schon gezeigt, wie die Berechnung des Radius möglich ist.

Ist aber die Erde an den Polen abgeplattet, so können die Vertikallinien für zwei Punkte, welche auf demselben Meridian liegen, sich nicht im Mittelpunkt der Erde schneiden; ihr Durchschnittspunkt muß sich schon ergeben, bevor sie in die Erdaxe einschneiden; und der zwischen diesen zwei Vertikallinien liegende Winkel ist der, welcher dem terrestrischen Bogen gegenüber liegt.

Man denke sich nun zwei Punkte im Meridian, und zugleich in der Nähe des Aequators, für welche der Winkel zwischen ihren Vertikallinien 1° betragen soll; eben so andere zwei Punkte weit im Norden, deren Vertikallinien wieder einen Grad einschließen, so ist der Durchschnittspunkt der südlichen zwei Vertikallinien nicht so weit unter der Erdoberfläche, als die Spitze des Winkels zwischen den zwei Vertikalen der nördlichen Punkte; also müssen jene zwei Punkte in der Nähe des Aequators eine kleinere Entfernung auf der Erdoberfläche haben, als die nördlichen Punkte; d. h. auf der an den Polen abgeplatteten Erde wird die lineare Länge eines Grades desto größer, je größer die Polhöhe ist. Um sich von dieser von Newton ausgesprochenen Behauptung zu überzeugen, wurden sowohl in Lappland ohngefähr unter 66° 30′ der Breite, als auch am Aequator große Messungen (so, wie schon oben erwähnt) vorgenommen. Aus diesen fand man die Länge eines Meridiangrades am Aequator = 340518, und bei 66° 30′ nördlicher Breite = 344622 pariser Fuße, also diesen Grad größer

als jenen; folglich muß die Erde abgeplattet seyn. Für die frühere Kugel wurde nun ein elliptischer Rotationskörper angenommen, weil die Ellipse wegen ihrer einfachen Regelmäßigkeit zunächst an den Kreis gereiht werden kann. Denkt man sich durch diesen elliptischen Körper eine gerade Ebene durch die Rotationsaxe, so ist ihr Durchschnitt auf der Erdoberfläche, d. i. der Meridian kein Kreis, sondern immer eine Ellipse, deren kleine Axe die Erdaxe, und die große Axe = dem Aequatorsdurchmesser ist.

§. 50.

Eine andere Ueberzeugung, daß die Erde abgeplattet ist, erhielt man durch die Pendelschwingungen. Da nämlich die Anziehungskraft im umgekehrten Quadratverhältniß der Entfernungen vom Erdmittelpunkte abnimmt, so muß das Pendel weiter vom Zentrum der Erde entfernt seyn, wenn es langsamer geht; und je näher es dem Erdmittelpunkte gebracht wird, desto geschwinder muß es gehen. Im ersten Fall muß das Pendel verkürzt, und im zweiten — verlängert werden.

Wirklich mußte man das Pendel, welches in Paris Sekunden schlug, am Aequator angekommen, verkürzen, aber in Lappland verlängern, damit es wieder Sekundenpendel wurde. Also muß nach dieser Beobachtung der Aequator weiter vom Mittelpunkt der Erde entfernt seyn, als Paris, und Lappland dem Mittelpunkte näher liegen; angenommen, daß alle drei Orte auf die Meeresfläche reduzirt sind. Somit ergibt sich wieder, daß die Erde keine Kugel seyn kann. Wir dürfen also die Erde als einen durch Rotation entstandenen ellipsoidischen Körper annehmen.

§. 51.

Nicht nur durch die so eben erwähnten, sondern auch aus den in Frankreich, England, Indien u. s. w. ausgeführten großen Messungenergab sich der Radius des Aequa-

tors = 19630985 pariser oder = 21849000 bayr. Fußen; dann das Verhältniß der Erdaxe zum Durchmesser des Aequators = 304,65 : 305,65. Wenn wir nun die Axen des elliptischen Erdmeridians, die kleine durch a, die große mit **A** bezeichnen, so ist

$$a : A = 364{,}65 : 305{,}65; \text{ also}$$

$$a = \frac{304{,}65.\ A}{305{,}65.}$$

$$A - a = A - \frac{304{,}65.}{305{,}65}\ A = \frac{(305{,}65 - 305{,}65.)\ A.}{305{,}65}$$

$$= \frac{1}{305{,}65}\ A.$$

$$\text{und } \frac{A - a}{A} = \frac{1}{305{,}65}$$

Diesen Bruch nennt man den Abplattungskoeffizienten, der, wie man sich wohl denken kann, aus den verschiedenen Messungen auch größer oder kleiner als dieser gefunden wurde.

Mit diesen Daten findet man die Größe eines Grades im Aequator 342625 pariser oder 381942,14 bayr. Fuße.

Der 15te Theil dieses Grades = 22841,7 p. F. oder 25422,8 b. F., und **Log. Rad. Aeq.** = 7,3394376 b. F.
Log. $\frac{1}{2}$ a = 7,3380144.

Verwandelt man den Halbmesser des Aequators in Meilen, so wird **Rad. Aeq.** = 859,436 Meilen,
eben so findet man $\frac{1}{2}$ Erdaxe = 854,831 „

§. 52.

Wir haben oben bei der angenommenen Kugelgestalt der Erde für die Breite eines Ortes jenen Winkel genommen, der im Mittelpunkte der Erdkugel zwischen dem Aequator und der Schwerlinie des Ortes sich gebildet hat. Da aber jetzt für den nun festgesetzten ellipsoidischen Erdkörper die Schwer- oder Vertikallinien nicht mehr durch den Mittelpunkt gehen, also den Radius des Aequators außerhalb des Zentrums

schneiden müssen, so nennt man den durch die Vertikale des Ortes und den Radius des Aequators gebildeten Winkel die geographische Breite. Weil man aber vom Orte weg nach dem Mittelpunkt der Erde eine gerade Linie sich denken kann, so nennt man den Winkel zwischen dieser Linie und dem **Rad. Aeq.** die geozentrische Breite, welche immer etwas kleiner ist, als die geographische. In der Folge wird immer unter Breite oder Polhöhe die geographische Breite verstanden.

§. 53.

Durch zweckmäßige, aus der Ellipse abgeleitete Formeln findet man den Theil der Schwerlinie von ihrem Durchschnittspunkt mit dem Radius des Aequators bis zum Orte auf der Erdoberfläche, welche Linie man die Normale in Bezug auf den Aequator nennt. Der Theil der Schwerlinie vom Orte bis zum Durchschnitte mit der Erdaxe heißt die Normale in Bezug auf die kleine Axe, oder gewöhnlich die Normale des Ortes. Ferner den Radius, der zu einem kleinen Kreisbogen gehört, dessen Länge und Krümmung der des elliptischen Bogens gleich gesetzt werden darf, nennt man den Radius der Krümmung für den Ort. Aus diesen drei Linien ergibt sich dann die Größe des Radius für einen Parallelkreis, also auch sein Umfang und die Größe eines Grades auf demselben, die Länge eines Grades auf dem Meridian, und die Größe des Meridianquadranten. Ferner die Fläche zwischen je zwei Parallelkreisen, die Oberfläche des Erdellipsoids, und endlich der Kubikinhalt des Erdkörpers.

§. 54.

Aus der großen Messung, welche die Franzosen zwischen Dünkirchen und Barcellona ausgeführt haben, fanden sie die Länge des Meridianquadranten. Von dieser Länge nahmen sie den 10000000ten Theil, und bekamen dadurch eine Linie,

die nur unbedeutend größer war, als 3 pariser Fuße, also nahe die Länge einer Elle hatte, und doppelt genommen, die Toise, welche 6 Fuß lang ist, ersetzen konnte.

Dieser kleine Theil des Meridianquadranten wurde von der Nationalversammlung als Längeneinheit angenommen, und **Metre** genannt. Auf dem pariser Normalfuß untersucht, fand man, daß der Meter = 443,296 pariser Linien ist. Durch Theilungen und Zusammensetzungen des Metres erhielt man in Frankreich folgendes System:

$^1/_{10}$ Metre = 1 Decimetre, $^1/_{100}$ Metre = 1 Centimetre,
$^1/_{1000}$ Metre = 1 Millimetre, ꝛc. ꝛc.
10 Metres = 1 Decametre, 10 Decametres = 1 Hectom.,
10 Hectom. = 1 Kilometre, ꝛc.

Ein Quadrat, dessen eine Seite 10 Metr. hat, heißt Arc, und ist die Flächeneinheit; die stereometrische Einheit ist ein Kubikmetre und heißt Stère, u. s. w. Daß dieses System von der Genauigkeit des Meridianquadranten abhing, ist natürlich, und man hat wohl auch durch die später vorgenommenen Messungen eine etwas andere Länge des Meridianquadranten erhalten; aber es wurde jene erste Annahme als Normalmaaß beibehalten.

Diese Annahme gibt also: den Metre = 443,296 par. Linien,
= 3,078444 par. Fuße,
= 3,42631 bayr. Fuße,
die Länge eines Meridianquadranten = 30784440 par. Fuße.

Aus den oben angegebenen Daten für den Aequators-Durchmesser, und der Länge der Axe des Erdellipsoids erhält man die Normale für München = 21889000 bayr. Fuße, und den Krümmungsradius für diesen Ort = 21825075 b. F.

Die Länge eines Meridiangrades
bei einer geogr. Breite von 45° = 380714 }
für eine Breite von 48° 8′ 20″ = 380920 } bay. Fuß.
am Pole = 381683 }

Den Kubikinhalt = 2644271840 Kubikmeilen.

Die ganze heiße Zone	=	3658840	Quadratmeilen,
die beiden gemäßigten Zonen	=	4795936	"
die beiden kalten "	=	806906	"
die Erdoberfläche	=	9261682	"

§. 55.

Nachdem nun die genauen Dimensionen unserer Erde angegeben sind, und der Weg, wie dieselben erhalten wurden, gezeigt worden ist, so gehen wir jetzt zu Vorbereitungen über, um auch genauere Resultate am Himmel erhalten zu können.

Man denke sich einen Punkt **A** (Fig. 4) auf der Erdoberfläche, in welchem die Zenithdistanz eines Planeten **P** beobachtet wird. Wäre es möglich, diesen Planeten aus dem Zentrum **C** der Erde zu sehen, so würde er gewiß in einer größern Höhe, oder unter einer kleinern Zenithdistanz erscheinen, als in **A**. Den Unterschied der Zenithdistanz in **A** und in **C** nennt man die Parallaxe des Planeten (von *παζάλλαξις*, der Unterschied, auch Nebeneinanderseyn der beiden Gesichtspunkte **A** und **C**). Ist der Planet **P** im Horizont des Punktes **A**, so ist seine Zenithdistanz = 90° = **ZAH**; hingegen die Zenithdistanz in **C** gemessen ist = **ZCH** kleiner als 90°; ihr Unterschied heißt die Horizontalparallaxe. Ist **P** über dem Horizonte, so heißt der Unterschied der Zenithdistanzen die Höhenparallaxe. Man wird leicht erkennen, daß der Winkel **P** = dieser Differenz seyn muß, daß diese Differenz, also der Winkel in **P** = 0 wird, wenn **P** im Zenith ist; und daß die Horizontalparallaxe jener Winkel ist, unter welchem der Erdradius vom Gestirn aus gesehen wird. Wiewohl nun der Erdradius bekannt ist, so kann doch die Horizontalparallaxe nicht berechnet werden; daher, um diese zu finden, kann man sich zwei Punkte **A** und **B** auf der Erdoberfläche denken, die wenigstens über 90° voneinander entfernt sind, und gleiche Länge haben; so können in **A** und **B** die Zenithdistanzen nach einem Planeten

in dem Augenblicke gemessen werden, wenn derselbe kulminirt. Aus diesen möglichst genau gemessenen Zenithdistanzen und den bekannten geographischen Breiten der Punte **A** und **B** läßt sich auf dieselbe Weise, wie wir die Distanz des Mondes bestimmten, die Entfernung des Planeten nicht nur von den Beobachtungspunkten **A** und **B**, sondern auch vom Erdmittelpunkte durch Rechnung finden. Dadurch sind also die Linien **PA** und **PC** bekannt, somit kann auch der Winkel bei **P**, d. i. die Höhenparallaxe berechnet werden. Denkt man sich nun **P** in **H**, so ist der Winkel **CAH** = 90°, und den Winkel bei **H**, d. i. die Horizontalparallaxe, kann man aus **CH** und **CA** berechnen.

Diese vorzunehmenden Rechnungen werden verwickelter, wenn die Erde als Ellipsoide angenommen wird. Ist der Punkt **A** im Aequator, und der Planet wird im Horizont gedacht, so erhält man die Aequatorial-Horizontalparallaxe, welche in der Folge, wenn von Parallaxen die Rede ist, immer gemeint seyn soll. Ist aber diese Parallaxe bekannt, so kann umgekehrt die Entfernung des Planeten berechnet werden. So z. B. fand man einmal die Horizontal-Parallaxe am Aequator für den Mond = 57′ 2,6″, und diese gab die Entfernung des Mondes $= \frac{859{,}436}{\text{Bog. } 57' \, 2{,}6''} = 51797$ Meilen.

Denn da die Parallaxe von 57′ 2,6″ der Winkel ist, unter welchem vom Mond aus der Erdradius = **R** gesehen wird, aber in einer so großen Entfernung und bei diesem kleinen Winkel der Erdradius als Bogen eines Kreises angenommen werden darf, dessen Halbmesser = **D** = der Distanz der Erde vom Monde ist, so darf man auch setzen:

$$360^\circ : 2\mathbf{D}\pi = 57' \, 2{,}6'' : \mathbf{R}, \text{ oder}$$

$$180^\circ : \mathbf{D}\pi = 57' \, 2{,}6'' : \mathbf{R}, \text{ oder}$$

$$180. \, 60' = \mathbf{D}\pi = 57' \, 2{,}6'' : \mathbf{R}$$

hieraus $$\mathbf{D} = \frac{10800. \, \mathbf{R}}{57' \, 2{,}6'' \, \pi} = \frac{\mathbf{R}}{\frac{57' \, 2{,}6'' \, \pi}{10800}}$$

Der im Divisor stehende Bruch ist aber der Bogen von 57, 2,6″ aus einem Kreise, dessen Radius = 1 ist, daher wird:

$$\text{Mondsdistanz } \mathbf{D} = \frac{\mathrm{R}}{\text{Bog. } 57'\, 2{,}6''} = \frac{\text{Erdradius}}{\text{Bog. d. Mondsparallaxe.}}$$

Man wird sich leicht überzeugen, daß ich nur angedeutet habe, wie es möglich seyn kann, die, wie man sagt, tägliche Parallaxe eines Planeten zu finden, und daß die genauesten Beobachtungen, mit den feinsten Instrumenten mehrfach wiederholt, nothwendig sind, um mit Hilfe von mathematischen Formeln die Parallaxen zu erhalten. So wurde aus genauen und vielen Beobachtungen eine Horizontalparallaxe der Sonne = 8,5774″ erhalten, wodurch eine Entfernung der Sonne $= \frac{859{,}436}{\text{Bog. } 8{,}5774''} = 20666800$ Meilen ist. Für den Mars fand man einmal die Parallaxe = 24″; also war er für den Augenblick der Beobachtung 7386140 Meilen von uns entfernt. Hätte man für einen Stern die Parallaxe = 2″ gefunden, so würde er über 177 Millionen Meilen von der Erde entfernt seyn.

§. 56.

Es wird nun nicht mehr unmöglich erscheinen, die Entfernungen aller Planeten genau zu kennen, und wenn man mit Hilfe zweckmäßiger Instrumente die scheinbaren Durchmesser der Planetenscheibchen gemessen hat, auch die wahren Durchmesser zu berechnen. Durch weitere Beobachtungen überzeugte man sich auch, daß alle Planeten Körper, deren Inhalt nun aus den wahren Durchmessern gefunden, zum Theil kleiner als unsere Erde, die übrigen aber auch viel größer seyen, z. B. der größte unter ihnen, Jupiter, ungefähr 1500mal größer, als die Erde, jedoch noch 1000mal kleiner, als die Sonne sey. Somit muß auch für die Planeten, welche gegen die Sonne nur sehr kleine Körper sind, das Gesetz gelten, daß nicht diese großen Himmelskörper um die kleine Erde,

sondern die kleinen Körper um den größten, d. i. die Planeten und die Erde mit ihrem Mond um die Sonne sich bewegen müssen.

§. 57.

Wir dachten uns zuvor schon durch den Mittelpunkt der Erde eine Ebene, in der sich der Mittelpunkt der Sonne fortbewegte, nämlich die Ebene der Ekliptik; in dieser muß sich natürlich jetzt das Zentrum der Erde fortbewegen. Wir können uns nur einen Punkt auf der Erdoberfläche denken, und so über die Ebene hinweg sehen; oder wir denken uns auf der Sonne stehend, um zu beobachten. Die Erscheinungen, welche aus der Bewegung der Erde um die Sonne hervor gehen, müssen dieselben seyn, ob die Erde, oder die Sonne sich bewegt. Wenn wir auf der Erde stehend, sagen: die Sonne tritt in das Sternbild des Widders, so heißt dieß wir sehen hinter der Sonne dieses Sternbild. Wenn wir die Sonne von West nach Ost, während der Dauer eines Jahres gehen sehen, so ist dieß nur eine Folge der Bewegung der Erde, ebenfalls von West über Süd, Ost und Nord. Sagen wir: die Sonne hat den ganzen Kreis der Ekliptik zurückgelegt, so ist dadurch nur gesagt, daß die Erde wieder im nämlichen Punkte ihrer Bahn ist. Wenn wir von der Erde aus das Zeichen des Widders hinter der Sonne sehen, so sieht man, auf der Sonne stehend, hinter der Erde das Zeichen der Wage. Wir haben keine Sonnenbahn mehr, sondern eine Erdbahn, deren Ebene in's Unendliche verlängert gedacht, und somit an der Himmelskugel, — wenn wir diese Vorstellung beibehalten — durch den Thierkreis geht. Wir müssen aber auch ferner sagen, daß die Rotationsaxe in ihrer Verlängerung nicht mehr Himmelsaxe ist, da nicht der Himmel, sondern die Erde rotirt, und diese in jedem Augenblick in einem andern Punkt ihrer Bahn sich befindet.

§. 58.

Die Erdaxe steht auf der Erdbahnebene schief; denn würde sie senkrecht stehen, so wäre immer Tag und

Nacht gleich lang, weil die nördliche Erdhälfte über, die südliche unter der Erdbahnebene seyn, und die Beleuchtungsgrenze durch die Pole gehen müßte.

Würde aber die Erdaxe in der Bahnebene liegen, so müßten Fälle eintreten, in denen die Bewohner am Aequator die Sonne am Horizont sehen würden, wenn es Mittag ist. Da aber beide Fälle nicht vorhanden sind, so muß die Erdaxe unter einem spitzen Winkel gegen die Bahn geneigt seyn. Wir wissen bereits, wie groß dieser Winkel ist; wir sagen daher nicht mehr: die Sonnenbahnebene durchschneidet den Erdaequator unter einem Winkel von 23° 28′, sondern wir sagen: die Erdaxe ist unter einem Winkel von 90° — 23° 28′ = 66° 32′ gegen die Erdbahnebene geneigt; und diese Ebene durchschneidet den Erdaequator unter dem bekannten Winkel der Ekliptik.

Die Erdaxe hat nicht nur beinahe immer dieselbe Neigung, sondern behält auch beinahe immer dieselbe Richtung; denn würde diese Richtung veränderlich seyn, so würden wir immer einen andern Stern als Polarstern haben; da aber, wie der Augenschein zeigt, dieß nicht ist, so muß die Erdaxe während des Umlaufes der Erde um die Sonne einerlei Richtung nach derselben Himmelsgegend haben, oder mit andern Worten: die Erdaxe bleibt sich parallel.

§. 59.

Die vier Jahreszeiten entstehen nicht dadurch, daß die Sonne um Mittag tief oder hoch stehend gesehen wird, während des Jahres über den Aequator heraufsteigt und wieder zur größten Tiefe hinabgeht; sondern durch die schiefe aber parallele Lage der Erdaxe während des Laufes der Erde um die Sonne, muß die Verlängerung der Aequatorsebene zweimal durch die Sonne gehen, also die Sonnenstrahlen senkrecht auf die Erdaxe, d. i. in die Ebene des Aequators fallen. Die Beleuchtungsgrenze geht dann

durch die Erdpole, Tag und Nacht muß gleich lang seyn, und wir haben Frühjahr oder Herbst. In allen übrigen Punkten der Erdbahn fallen die Sonnenstrahlen unter einem schiefen Winkel auf die Erdaxe. Da diese nach Norden gerichtet ist, so weiß man wo Norden ist, und man kann sich also leicht einen südlichsten und nördlichsten, dann einen östlichen und westlichen Punkt der Erdbahn denken. Ist nun die Erde in ihrem südlichsten Punkt angekommen, so ist die Sonne genau gegen Norden, und ihre Strahlen müssen auf jene Seite der Aequatorsebene fallen, auf welcher der Nordpol ist; also wird die Sonne über dem Aequator in ihrem höchsten Punkt gesehen, und wir auf der nördlichen Halbkugel haben Sommeranfang. Ist die Erde in ihrem nördlichsten Punkt, so fallen die Sonnenstrahlen auf die südliche Seite der Aequatorsebene, und wir haben dadurch die Sonne unter dem Aequator, also Wintersanfang. Da nun wie gezeigt, die Erde von West, über Süd, Ost, ꝛc. in ihrer Bahn fortrückt, so haben wir Sommersanfang, wenn sie im südlichsten, und Wintersanfang, wenn sie im nördlichsten Punkt ist. In einem östlichen Punkt ihrer Bahn müssen wir Herbst, und in einem westlichen Frühling haben.

§. 60.

Wie sich aus der ungleichen Geschwindigkeit der Sonne während eines Jahres folgern ließ, daß sie eine kleinste und eine größte Entfernung von der Erde haben müsse, so war man natürlich auch bemüht, diese Entfernungen zu bekommen. Man wird wohl zugeben müssen, daß der Durchmesser der Sonnenscheibe als eine konstante Größe betrachtet werden darf. Je weiter nun die Erde von der Sonne entfernt ist, unter einem desto kleinern Winkel muß der Sonnendurchmesser gesehen werden. Dieser wurde daher mit aller Sorgfalt beobachtet, und es ergab sich wirklich, daß der scheinbare Durchmesser der Sonne einmal am größten $= 32' \, 34{,}6''$ und auch einmal am kleinsten $= 31' \, 30{,}1''$ wurde. Die

hieraus gefundenen Entfernungen sind nun 21015100 und 20318500, also die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne = 20666800. Natürlich heißt jener Punkt, in welchem die Erde die kleinste Entfernung von der Sonne hat, das **Perihelium**, und in ihrer größten Entfernung ist sie ein **Aphelium**. Vom Perihelium an wird diese Entfernung immer nach und nach größer und nimmt dann vom Aphelium an wieder ab. Die für diese Entfernungen gefundenen Zahlen haben sich seit der Zeit als ihre Berechnung aus der Beobachtung hervorging, nicht geändert; also muß gefolgert werden: daß die Erde immer in derselben Bahn bleibt. Hiernach kann die Figur der Erdbahn kein Kreis seyn, sonst wären alle Entfernungen gleich groß.

Es war wohl natürlich, daß man diese längliche Figur als eine Ellipse annahm. Genaue tägliche Messungen des scheinbaren Sonnendurchmessers gaben unwiderleglich, daß die Figur der Erdbahn eine Ellipse sey, in deren einem Brennpunkte die Sonne ist.

In der Ellipse (Fig. 5), deren Konstruktion und hauptsächlichsten Eigenschaften ich schon beim elliptischen Erdmeridian gezeigt habe, mag **C** der Mittelpunkt der großen Axe **AP** seyn, und die senkrechte Linie **CD** die halbe kleine Axe. Die Entfernung der beiden Brennpunkte **S** und **F** in der Axe von **D** ist = der halben großen Axe also **SD** = **CP**, wodurch auch **CS** = **CF** wird. Die Entfernung eines Brennpunktes z. B. **S** von **C** heißt die Exzentrizität und seine Entfernung von einem Punkte **G** des Umfanges, der Radiusvektor zum Punkt **G.** Also ist sowohl **SG** als **FG** ein Radiusvektor, deren Summe immer = der großen Axe ist, d. i. **SG** + **GF** = **AP.**

Weil nun in einem Brennpunkte **S** die Sonne ist, so ist **P** das Perihelium = 20318500, das Aphelium **A**, die große Axe = **PS** + **SA** = 41333600, die Exzen-

trizität = CP — SP = 20666800 — 20318500 = 348300 Meilen.

Daraus findet man dann die halbe kleine Axe CD = 20663880, die Länge der Erdbahn = 129844330 Meilen, und den Radiusvektor eines jeden Umfangspunktes, wenn für diesen die nöthigsten Daten angenommen oder gegeben sind.

Nehmen wir an, daß die Erde jeden Tag einen gleich langen Weg macht, also eine gleiche Geschwindigkeit hätte, so würde sie jeden Tag sehr nahe 355500 und in jeder Sekunde 4,114 Meilen zurücklegen.

§. 61.

Die Zeit, welche die Erde braucht, um von einem Punkt ihrer Bahn bis wieder zu demselben Punkt zu kommen, heißt ein Jahr; das tropische Jahr beginnt, wenn die Erde in jenem westlichen Punkt ihrer Bahn ist, in welchem die Ebene des Aequators durch die Sonne geht, also im Frühlingsaequinoktium. Der Anfang des anomalistischen Jahres ist im Punkte des Apheliums oder auch des Periheliums, also in einem Endpunkte der großen Axe der Erdbahn.

§. 62.

Nehmen wir eine gleichförmige Bewegung der Erde an, so daß sie also in gleichen Zeiten gleiche Bogen ihrer Bahn zurückgelegt, so müßte aus der Größe des zurückgelegten Bogens = 355500 Meilen während eines Tages im Perihelium die Winkel-Geschwindigkeit der Erde aus der Sonne betrachtet 1° 28′ 9″ betragen, während sie im Aphelium nur 0° 58′ 9″ seyn würde. Von diesen beiden Punkten weg müßte die scheinbare Geschwindigkeit in demselben Verhältniß ab oder zu nehmen, in welchem ihre Entfernung von der Sonne, also wie der Radiusvektor zu- oder abnimmt, oder in welchem die scheinbaren Durchmesser ab- oder zunehmen.

Alle Beobachtungen stimmen aber mit dieser einfachen Proportion nicht überein. Man hat daher die Flächen gegeneinander verglichen, welche den Radiusvektor in der Ellipse beschreibt, und man fand, daß die Zeiten diesen Flächen proportional sind; oder daß während der Bewegung der Erde, der Radiusvektor in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume beschreibt; oder die Winkelgeschwindigkeiten der Erde während zwei verschiedenen Tagen verhalten sich umgekehrt, wie die Quadrate der Entfernungen von der Sonne.

Durch dieses Gesetz läßt sich für jeden Augenblick die Geschwindigkeit der Erde berechnen; und man findet dadurch, daß, so wie die Sonne scheinbar am Anfange des Sommers das Minimum der Geschwindigkeit hatte, auch die Erde, wenn sie beinahe in ihrer größten Entfernung von der Sonne ist, also in ihren südlichen Punkten sich fortbewegt, die kleinste Geschwindigkeit hat; ebenso bewegt sie sich im Winter am geschwindesten. In der That ist die Geschwindigkeit der Erde gleich nach Sommersanfang 349636 und Wintersanfang 361530 Meilen an einem Tag.

§. 63.

Da wir nun die Dimensionen der Erdbahn, welche wegen der kleinen Erzentrizität beinahe ein Kreis ist, wissen, so können wir in dieser Bahn wieder mancherlei Linien als neue Grundlinien zur Bestimmung der Entfernungen der Planeten von der Sonne und der Erde benützen, wozu wohl am besten die große Axe der Bahn als Basis genommen wird. Indessen muß man auch oft zu andern Bestimmungsmitteln, z. B. zur Parallaxe u. s. w. seine Zuflucht nehmen, um die Distanzen der Planeten von uns und der Sonne zu erhalten. Wollen wir aber zur Untersuchung dieser Himmelskörper übergehen, so ist es wohl natürlich, daß wir mit dem Monde beginnen.

Vom Monde kann, ohne daß wir die Erdbahn zu Hilfe nehmen, schon aus seinen scheinbaren Durchmessern seine Entfernungen von der Erde gefunden werden. Nimmt man aus der beobachteten Parallaxe, und aus dem im nämlichen Augenblick gemessenen scheinbaren Durchmesser des Mondes, die Berechnung seiner Größe vor, so findet man als wirklichen Durchmesser des Mondes = 468,3 Meilen, wie dieß schon früher erwähnt wurde. Diesen Durchmesser als konstant angenommen, muß eine veränderliche Entfernung hervorgehen, wenn der scheinbare Durchmesser veränderlich sich zeigt.

Nun findet man in der That den scheinbaren Mondsdurchmesser zwischen 28′ 28,8″ und 33′ 24,4″. Der Mond kann also von der Erde 48100 und 57590 Meilen entfernt seyn. Nur zweimal im Jahr erreicht er diese Distanzen, die übrige Zeit kann die größte Distanz unter den kleinen 49832 und die kleinste von den größern Distanzen 54468 Meilen betragen. Wohl ist er während seines scheinbaren Umlaufes um die Erde, also während eines Mondsmonates, einmal am weitesten entfernt, und nach ohngefähr 14 Tagen am nächsten bei der Erde. Diese beiden Entfernungen nennt man **Apogaeum** und **Perigaeum**, welche also, wie wir so eben gesehen haben, nicht gleich groß bleiben.

§. 64.

Weil man bemerkt, daß der Mond in etwas mehr als 27 Tagen an allen Sternbildern des Thierkreises vorbeigeht, daß er sich in dieser Zeit um die Erde bewegt, und weil man größte und kleinste Entfernungen erhielt, so mußte die Bahn des Mondes eine Ellipse seyn, deren Exzentrizität über 3000 Meilen beträgt, woraus man dann auch die Länge der elliptischen Mondsbahn berechnet hat. Scheinbar ist dieß so; wenn man aber bedenkt, daß die Erde, während der Mond seinen Umlauf um dieselbe vollenden würde, in ihrer Bahn um ebenso viele Tage fortgerückt ist, so kann die

Bahn des Mondes keine geschlossene Linie bilden; sie muß also eine Wellenlinie seyn, die beinahe alle 14 Tage die Ebene der Erdbahn durchschneidet, da der Mond, wie wir früher schon gehört haben, nicht in der Ekliptik bleibt, sondern um ohngefähr 5° ober und unter derselben ist.

§. 65.

Jener Punkt, in welchem der Mond von seinem tiefsten Stande kommend durch die Erdbahnebene geht, nennt man seinen aufsteigenden Knoten oder den Drachenkopf, und bezeichnet ihn durch (☊); wenn er aber das zweitemal die Ekliptik schneidet, um wieder unter die Ebene hinab zu sinken, so heißt dieser Durchgangspunkt der absteigende Knoten oder Drachenschwanz, den man durch (☋) bezeichnet.

Die Tage, an welchen der Mond durch die Ekliptik, d. i. durch die Erdbahnebene geht, sind in den Kalendern durch ☊ und ☋ angedeutet; eben so ist angezeigt, wann er seine größte und kleinste Entfernung von der Erde hat, oder im Apogäum und Perigäum ist. Auch ist in den Kalendern ersichtlich, in welchen Zeichen des Thierkreises der Mond an diesem oder jenem Tage ist, oder eigentlich welches Zeichen über den Mond hinaus gesehen werden kann.

Die Zeit vom aufsteigenden Knoten bis wieder zu demselben, heißt ein Drachenmonat, der auch über 27 Tage lang ist. Der Ort dieser Knoten kann von der Erde aus beobachtet werden, und wird dann durch die Länge in der Ekliptik angegeben. Man hat bald bemerkt, daß die Länge dieser Knoten immer kleiner wurde, so daß sie in einem Jahre um 19° 21′ von Ost gegen West, also zurück gehen; nach 18,6 Jahren haben sie wieder dieselbe Länge.

Die Neigung der Mondsaxe gegen die Erdbahnebene hat man = 88½° beobachtet, somit ist die Neigung des Mondsaequators gegen jene Ebene nur 1½°. Wenn der

Mond unter der Erdbahnebene ist, sehen wir mehr als seinen obern Rand, nämlich auch einen Theil der unbeleuchteten Halbkugel; ist er aber in seiner größten Höhe über der Erdbahnebene, so sieht man einige Mondsflecken des obern Randes nicht, die man doch zuvor deutlich gesehen hat, und der untere erscheint nicht scharf begrenzt, weil uns wieder ein unbeleuchteter kleiner Theil zugewendet ist. Man hat daher geglaubt, der Mond schwanke vor und zurück, er suche ins Gleichgewicht zu kommen, und nannte diese Erscheinung seine Libration.

§. 66.

Wir sehen immer dieselben Flecken am Monde, also immer dieselbe Hälfte der Mondskugel; folglich muß er sich, z. B. von einem Vollmond zum andern, um eine Axe gedreht haben, die aber außer ihm liegt und durch die Erde geht. Diese Axendrehung könnte man, vielleicht 200000 Meilen von der Erde entfernt, und in ihrer Bahnebene stehend, recht gut sehen. Auch wird man leicht erkennen, daß die Mondsbewohner den Durchmesser unserer Erde beinahe 3,7 Mal größer sehen, als wir den Mondsdurchmesser; also ihnen die Scheibe der Erde nahe 13,5mal größer, als uns die Mondscheibe erscheint; daß sie an der Erde dieselben Lichtabwechslungen bemerken, wie wir am Monde, weil dieser bald vor oder hinter der Erde oder ihr zur Seite ist. Sie müssen die Erde ganz beleuchtet sehen, wenn wir Neumond haben. Dadurch wird auch der Mond von der Erde beleuchtet, und wir sehen ihn deßwegen in einem aschgrauen Lichte, welches wir dann bemerken, wenn er uns wie eine Sichel erscheint.

Seine Geschwindigkeit ist viel größer als die der Erde, da, wenn er zurück ist, er dieser voreilen muß, besonders zwischen dem ersten und letzten Viertel. Vom zweiten bis zum ersten Viertel ist seine Geschwindigkeit kleiner. Der eigenthümliche Lauf des Mondes kann nur während des Vor-

trages gezeigt werden, da der Verständlichkeit wegen, die Zeichnung zu groß, und im kleinen Maaßstabe zu undeutlich werden würde.

Bei der Betrachtung der Mondoberfläche wollen wir uns nicht aufhalten, da eine gute Mondskarte hiezu unentbehrlich ist, und ihre Beschreibung zu viele Zeit in Anspruch nehmen würde. Hier soll nur bemerkt werden, daß jedem Berge, Krater, und jeder Ebene, die man sich als ein Meer dachte, der Name eines berühmten Mannes, oder auch ein anderer Name gegeben wurde. So ist auf demselben ein Meer der Entscheidung, ein fruchtbares, ruhiges, heiteres, dunstiges, wallendes, wolkiges, feuchtes, stürmisches und Nektar — Meer, nebst mehreren Meerbusen.

Unter den Ringgebirgen findet man Plato, Hipparch, Ptolomäus, Eratosthenes, Archimed, Copernicus, Kepler, Tycho, Galliläi, Grimaldi, Riccioli, Hevel, 2c. 2c.

Gewöhnlich sind diese Punkte in einer Tabelle durch Länge und Breite gegeben, die man dann leicht auftragen kann. Immer ist es sehr interessant, den Mond, besonders vor dem ersten und nach dem zweiten Viertel mit einem Tubus zu betrachten, da man dann die Schatten der Berge und Krater am deutlichsten sehen kann.

Eine Abplattung hat man an ihm noch nicht bemerken können.

§. 67.

Wie schon erwähnt wurde, hat man wohl leicht erkannt, daß Merkur und Venus um die Sonne laufen, und zwar in der Haupt- oder allgemeinen Richtung von West über Süd, nach Ost und Nord, und beinahe in der Erdbahnebene. Dadurch müssen beide einmal zwischen Erde und Sonne, und einmal hinter der Sonne seyn; d. h. Sonne und Planet scheinen zusammen zu kommen.

Ist nun einer dieser Planeten zwischen Erde und Sonne, so nennt man dieß seine untere Zusammenkunft oder

Konjunktion, auch hier durch (☌) bezeichnet. Hingegen wenn er hinter der Sonne ist, so ist er in der obern Konjunktion. Beidemal hat Sonne und Planet gleiche Rektascension. Beginnen wir nun mit dem Planeten Merkur, welchen wir uns in der untern Konjunktion denken wollen, und allenfalls in einem Kreis um die Sonne laufend, zu dem er bekanntlich beinahe 88 Tage braucht. Von dieser untern Konjunktion an wird nach beinahe 20 Tagen der größte Winkelabstand des Merkurs gegen die Sonne von uns aus bemerkt. Eine Linie von der Erde nach dem Merkur wird die angenommene Kreisbahn desselben tangiren müssen, und auf dieser Linie steht im Berührungspunkte eine zweite Linie vom Merkur nach der Sonne, senkrecht; die dritte Linie, nämlich die von der Erde nach der Sonne, bildet mit den vorigen ein rechtwinkliges Dreieck, in welchem die Hypotenuse, die Distanz der Erde von der Sonne, und der mit einem Winkelinstrument gemessene Winkelabstand des Merkurs bekannt ist; hiedurch läßt sich schon ein Abstand desselben von der Sonne berechnen. Diesen Abstand findet man ohngefähr = 8000000 Meilen. Man beschreibe nun zwei konzentrische Kreise; der eine soll die Kreisbahn des Merkurs, der andere die der Erde seyn; die Radien sollen sich wie 8 zu 21 verhalten; theilt man den ersten Kreisumfang in 88, den andern in 365 Theile, so hat man ohngefähr die Bahn beider Körper, und kann ihre Stellungen gegeneinander für jeden Tag, von der untern Konjunktion an, wieder auffinden. In dieser ersten Stellung ist also der Planet unsichtbar. Von hier aus geht er gegen Westen, und ist also nach 7—8 Tagen kurz vor Sonnenaufgang sichtbar. Er hat demnach eine rückgängige Bewegung, entfernt sich immer mehr gegen Westen, seine Geschwindigkeit scheint immer kleiner zu werden, bis sie = 0 ist, und wir seinen größten Abstand messen können. Die Erde rückt nur langsam in ihrer Bahn fort, während er schneller die Sonne umkreist, daher wir ihn bald wieder der Sonne sich nähern sehen; er hat jetzt daher eine

rechtläufige Bewegung, d. i. von West nach Ost. Nach 50 Tagen von der untern Konjunktion an tritt er hinter die Sonne, und am 56sten ist er in der obern Konjunktion; am 70sten Tag kann er schon wieder links, d. i. östlich der Sonne, also kurze Zeit nach Sonnenuntergang, gesehen werden. Er entfernt sich immer mehr, bis am 92sten oder 93sten Tage ein scheinbarer Stillstand eintritt, und sein Winkelabstand von der Sonne wieder gemessen, also sein Längenabstand von derselben berechnet werden kann. Von da weg beginnt er seine rückläufige Bewegung, und wenn die Erde 116 Tage zurückgelegt hat, also ein synodischer Umlauf des Merkurs vollendet ist, so ist er wieder in seiner untern Konjunktion. Haben beide Körper 136 Tage zurückgelegt, so ist wieder ein größter Abstand zu messen; und so geht die Bewegung immer vor sich, so daß, wenn der Himmel heiter ist, wenigstens 6 Abstände während des Jahres erhalten werden können. Diese und andere Beobachtungen zusammengenommen, gaben die Merkursbahn als eine Ellipse, in deren einem Brennpunkte ebenfalls die Sonne ist. Der kleinste Abstand der Merkursbahn von der Sonne beträgt 6355940 und der größte 9644220, somit ist ihre Exzentrizität = 1644140, die halbe große Axe, oder ihre mittlere Entfernung = 8000080, die Länge seiner Bahn = 49726700, und die mittlere Geschwindigkeit dieses Planeten = 6,54 Meilen in einer Zeitsekunde oder 565000 Meilen an einem Tage. Merkur bleibt nicht in der Ebene der Ekliptik, da man ihn unter und über der Sonne gesehen hat. Die Beobachtung gab die Neigung seiner Bahn gegen die Erdbahnebene = 7° 0′ 9″, wodurch wieder Knoten vorhanden seyn müssen. Die auf der Ekliptik gemessene Länge des aufsteigenden Knotens beträgt 45° 57′ 31″; und da in beiden Ebenen die Sonne im Brennpunkt ist, und zwei gerade Ebenen sich in einer geraden Linie schneiden, so muß die Sonne in dieser Durchschnittslinie liegen; da aber der aufsteigende Knoten auch in dieser Linie ist, also auch der

absteigende, so muß die Knotenlinie durch die Sonne gehen. Vom Frühlingspunkte auf der Ekliptik fortgezählt, ist die Länge des Periheliums = 74° 21′ 47″, also die Lage der großen Axe der Merkursbahn bestimmt.

Durch gute Fernröhre sehen wir den Merkur als rundes Scheibchen, dessen scheinbarer Durchmesser vermöge der verschiedenen Entfernungen von der Erde zu 10676270, 20667800, 30655930, sehr verschieden, 2″, 4,05″ bis 11,63″ groß sich zeigt. Aus seiner mittlern Entfernung von der Erde und dem entsprechenden gemessenen scheinbaren Durchmesser, ergab sich der wahre Durchmesser = 602,36 Meilen.

Durch seine verschiedenen Stellungen gegen die Erde hat man ihn mehr oder weniger hell gesehen, ebenso Lichtphasen beinahe wie beim Monde, daher er auch ein runder Körper seyn muß, der 2,128mal größer als der Mond, und 25mal kleiner ist, als die Erde. Durch diese Phasen, ihre eigenthümliche Aenderung in gleichen Zeiten fand man, daß sich dieser Planet in beinahe 24 Stunden um seine Axe drehe; diese Drehung wird auch noch dadurch bestätigt, daß man ihn an den Polen abgeplattet, und sein Axenverhältniß 252 : 253 fand. Seine Oberfläche muß große Gebirge von 58000 Fuß Höhe haben, welche auch verursachen, daß die Lichtgrenze sehr gezackt erscheint. Die Neigung seiner Axe gegen die eigene Bahn beträgt 70°.

Ist bei seiner untern Konjunktion seine Breite = 0, so geht er an der Sonnenscheibe vorüber, und wir sehen ihn als schwarzes Scheibchen von Ost nach Westen, vom linken oder östlichen Sonnenrand gegen den rechten sich fortbewegen. Dieß nennt man einen Durchgang des Merkurs.

Im Jahre 1845 den 8. Mai 8 Uhr Abends findet ein solcher Durchgang statt, und 1848 den 9. November 1 Uhr 45′ Nachmittags.

§. 68.

Die Venus als der zweite Planet hat vollkommene Aehnlichkeit mit dem Merkur; sie geht jedoch ihren Weg,

welchen sie in beinahe 225 Tage von der Sonne aus gesehen zurücklegt, langsamer. Ihr Sillestehen, Rücklauf, wieder wie es scheint ohne Bewegung, dann aber ihr rechtläufiges Fortgehen, wird sich aus Merkur erklären lassen, daher wir von ihr nicht Viel zu sagen haben.

Denken wir uns wieder die Venus in der untern Conjunktion, so wird, nachdem Erde und Venus in Bewegung sind, nach beinahe 68 Tagen ein größter Winkelabstand gemessen werden können; nach 515 ist ein zweiter Sillstand, und eine neue Distanz zu messen, worauf nach ohngefähr 584 Tagen von jener Conjunktion an, eine zweite Conjunktion erfolgt; somit ist ihre synodische Umlaufszeit beinahe 584 Tage oder ein Erdenjahr und 219 Tage.

Durch jene Messungen fand man die größte Entfernung der Venus von der Sonne 15051520, die kleinste 14846380, die mittlere = 14948950 Meilen; der größte scheinbare Durchmesser der Venusscheibe wurde = 1′ 5,14″, der kleinste = 9,52″ und der mittlere = 37,32″ gefunden. Mit jenen Winkelabständen und der bekannten Entfernung der Erde von der Sonne, auch der Parallaxen war es möglich, die Venusentfernungen von der Erde zu erhalten. Man bekam zur kleinsten, 5266978, zur größten 36066620, und zur mittlern 20666800 Meilen, die aber nicht so sehr wichtig waren, wie die von der Sonne, weil sie uns wieder zeigen, daß die Venus wieder in einer Ellipse, wie die Erde und der Merkur, um die Sonne läuft. Die Exzentrizität dieser Bahn ist 102596, und ihre Länge 93926220 Meilen; die mittlere Geschwindigkeit der Venus beträgt sonach nahe an 418000 Meilen in einem Tage.

Aus der kleinsten Entfernung von uns, und dem scheinbaren Durchmesser = 1′ 5,14″ erhielt man den wahren Durchmesser der Venus = 1663 Meilen. Die Neigung der Venusbahn gegen die der Erde ist 3° 23′ 28″; somit sind Knoten vorhanden. Die Länge des aufsteigen-

den Knotens beträgt 84° 54′ 13″, die Länge des Periheliums 128° 43′ 53″.

Die verschiedenen Lichtzustände der Venus sieht man vielmehr als beim Merkur; da die Venus größer ist, und sich im Winkel weiter von der Sonne entfernt. Diese Entfernung beträgt mehr als 50°, daher ihr erstes und letztes Viertel mit einem Fernrohr recht gut gesehen werden kann. Wenn sie z. B. in der Nähe der untern Conjunktion ist, so zeigt sie sich ganz sichelförmig. Kurz vor dem ersten Viertel, also bevor sie ihren größten Winkelabstand gegen Westen erhält, ohngefähr 25 Tage nach der untern Conjunktion, zeigt sie sich im schönsten Lichte. Aus allen Beobachtungen dieser Venusphasen geht hervor, daß große Berge auf ihrer Oberfläche sind. Aus den regelmäßig wiederkehrenden Zuständen der Venushörnerspitzen folgerte man eine Umdrehungsdauer von ungefähr 24 Stunden. Die Neigung der Ratationsaxe gegen die eigene Bahn ist 75°. Sowie beinahe die Umlaufszeit, die Rotation, und der Durchmesser so groß wie bei der Erde gefunden wurde, so ist auch das Axenverhältniß, also die Länge der Umdrehungsaxe zum Durchmesser des Aequators ebenso, nämlich 305 : 306.

§. 69.

Auch Venus geht, wenn sie in ihrer untern Conjuntion ist, und in die Erdbahnebene tritt, scheinbar durch die Sonne von Ost nach West. Ein solcher Venusdurchgang war in den Jahren 1761 und 1769, und ist wieder 1874 und 1882. Der größte Nutzen, welchen die Durchgänge der Venus und des Merkurs, besonders jener von der Venus gewähren, ist, daß man ein vorzügliches Mittel hat, die Parallaxe der Sonne zu finden, ohne daß man zu wissen nöthig hat, wie weit Sonne und Venus von der Erde entfernt sind; jedoch müssen die Umlaufszeiten der Venus,

dann der Sonne oder eigentlich der Erde bekannt seyn, die man ja aus vieljährigen Beobachtungen kennt.

Um einen Begriff von der Bestimmung der Sonnenparallaxe zu geben, sey (Fig. 6) **S** der Sonnenmittelpunkt, und **E** der der Erde. Von zwei Beobachtern, welche gleiche geographische Breite, aber eine große Entfernung haben, sieht der östliche Beobachter **A**, in einem Augenblick der Uhrzeit die Venus im, oder vertikal unter, oder ober dem Mittelpunkte, während der westliche Beobachter **B** dieselbe links des Sonnenzentrums in **b** sieht. Nach Verfluß von 12 Sekunden sieht **B** die Venus in, ober, oder unter dem Sonnenzentrum, aber **A** dieselbe rechts desselben in **a**; also ist, ohne die Bewegung der Erde zu berücksichtigen, die Venus von 1 nach 2 gekommen. Von der Sonne aus gesehen, erscheint **AB** unter dem Winkel **ASB**. In der That ist aber die Erde, also auch der Beobachter in **B** bis nach **B'** gekommen; folglich muß auch die Venus bis nach 3 gerückt seyn, somit muß sie auch während n Sekunden den Weg von 1 bis 3 gemacht haben, während die Erde von **B** bis **B'** gekommen ist, also den Winkel **BSB'** beschrieben hat. Zieht man daher vom Winkel **ASB'** (oder 1,S,3) den Winkel **BSB'** ab, so bleibt der Winkel **ASB** übrig.

Da man die Umlaufszeiten von der Venus = **V** Tage und der Erde = **E** Tage für 360° kennt, so ist in Raum-Sekunden der Winkel

$$ASB' = \frac{n.\ 15}{V}$$

$$BSB' = \frac{n.\ 15}{E}$$

also $ASB = n.\ 15 \left(\frac{1}{V} - \frac{1}{E}\right)$ in Sekunden.

Weil ferner aus der Längendifferenz der Beobachtungsorte die Sehne **AB** berechnet werden kann, so kann jetzt auch die Größe des Winkels gefunden werden, unter welchem der Radius der Erde aus der Sonne gesehen wird; somit ist die Sonnenparallaxe bestimmt.

Aehnlich kann Merkur benützt werden.

Ich habe hier allerdings nur eine der Methoden gezeigt, wie diese Parallaxe erhalten wird, konnte mich aber in große Rechnungen nicht einlassen, da diese doch immer mit vieler Mühe verbunden sind, und noch manche Verbesserungen vorgenommen werden müssen, bevor die richtige Parallaxe hervorgeht.

Diese beiden Planeten, deren Entfernung von der Sonne kleiner ist, als die der Erde, somit so zu sagen unter der Sonne vorbei gehen, nennt man die untern, alle übrigen die obern Planeten.

§. 70.

Den Planeten Mars denken wir uns in Opposition (☍) mit der Sonne, so also, daß die Erde zwischen Sonne und Mars ist. Wenn wir nun aufmerksam genug sind, so werden wir sehen, daß vom Oppositionspunkt an nach 390 Tagen der Mars mit der Sonne eine gleiche Länge hat, also in Konjunktion ist; nach ohngefähr 675 Tagen denke man sich gerade Linien von der Erde nach der Sonne und dem Mars, so werden diese geraden Linien einen rechten Winkel bilden. Da nun, wie schon aus alten Beobachtungen bekannt, der Mars in beinahe 687 Tagen seine Bahn zurücklegt, so kennt man die Winkelgeschwindigkeit. Die Erde hat während diesen 675 Tagen ohngefähr 665°, d. i. 360° und 305°, also im zweiten Jahr 305° auf ihrer Bahn zurückgelegt, Mars aber nur 353°, somit sind sie von der Sonne aus gesehen ohngefähr 48° von einander entfernt. Da man schon die lineare Entfernung der Erde von der Sonne kennt, so ist in dem bei der Erde **E** rechtwinklichen Dreieck: Sonne, Erde, Mars, oder **SEM**, die Seite **SE**, und der Winkel **S** in der Sonne bekannt, daher kann die Linie **SM**, oder die Distanz des Mars von der Sonne berechnet werden. Man wird nahe an 31 Millionen Meilen bekommen. Nach beinahe 780 Tagen wird Mars wieder in Opposition, und von

da weg nach weitern 390 Tagen in Konjunktion stehen, somit ist der synodische Umlauf des Mars beinahe 760 Tage. Zieht man also aus einem Punkte, der die Sonne vorstellen soll, zwei konzentrische Kreise, deren Radien sich wie 21 zu 31 verhalten, theilt den kleinern Kreis in 365, den andern in 687 Theile, so sieht man immer, wo Erde und Mars jeden Tag stehen, und kann sich nun auch das scheinbare Zurückgehen und Stillestehen desselben erklären. Wiederholt man jene Messungen für die Distanz **MS** so oft als möglich, dann die der scheinbaren Durchmesser u. s. w., so erhält man die Entfernungen des Mars von der Sonne und der Erde, und den wahren Durchmesser der Marsscheibe. Die kleinste Entfernung des Mars von der Sonne, also sein Perihelium, wurde = 28551600, das Aphelium = 34428100, somit die mittlere Entfernung = 31489850 Meilen gefunden, wodurch die große Exzentrizität = 2938250 hervorgeht. Die kleinste Entfernung von der Erde beträgt 7546500, die größte 55433200 Meilen. Zum Durchmesser der Marsscheibe bekam man nahe an 931,8 Meilen.

Aus den Flecken, die man auf seiner Scheibe mit einem guten Fernrohr sehen kann, dann aus der merkbaren Abplattung, muß man schließen, daß er ein runder Körper ist, der sich um seine Axe von Abend gegen Morgen dreht und bewegt. Auch sehen wir ihn in gleichen Zeitperioden einmal ganz beleuchtet, dann aber kann vor und nach diesem Zustande nur ein Theil seiner beleuchteten Hälfte gesehen werden. Nach vielen Beobachtungen glaubt man gefunden zu haben, daß sich der Radius der Axe zu dem des Aequators verhält, wie 342 : 343, und die Neigung der Axe gegen die Erdbahn 64° 18′ betrage. Aus diesem Verhältnisse und dem Aequatorialdurchmesser ergibt sich die körperliche Größe des Mars, die sehr nahe 6mal kleiner ist, als die der Erde. Seine Rotationsgeschwindigkeit ist 24,7 Tage, und seine mittlere Geschwindigkeit in seiner Bahn von 197424600 Meilen beträgt täglich 287400 Meilen.

Die Ebene der Marsbahn hat eine Neigung von 1° 51′ 6″ gegen die Erdbahnebene, wonach auch Durchgangspunkte, Knoten, vorhanden seyn müssen, weil auch hier wieder die Sonne im Brennpunkte der elliptischen Marsbahn ist. Die Länge des aufsteigenden Knotens ist 48° 0′ 3″. Natürlich muß die Länge des absteigenden Knotens um 180° größer seyn, da ja alle Winkel an der unendlich weit entfernten Himmelskugel gemessen werden. Die Länge des Periheliums beträgt 332° 25′ 56″.

§. 71.

Wollen wir nun den Jupiter betrachten.

Die siderische Umlaufszeit dieses Planeten wird leicht durch Okularbeobachtung = 4332,6 Tage gefunden. Vom Augenblicke seiner Opposition, also wenn seine Länge gegen die Länge der Sonne um 180° verschieden ist, wird man ihn nach ohngefähr 87½ Tagen unter einem rechten Winkel gegen die Sonne sehen. Seine mittlere Geschwindigkeit im Winkel ist nur 4′ 59,5″ = 299,5″ Raumsekunden, somit in 87½ Tagen = 7° 16′ 11″, die Winkelgeschwindigkeit der Erde während dieser Zeit = 86° 14′ 41″, also ist der Winkel in der Sonne zwischen den Linien, welche man sich nach Jupiter und der Erde denkt, = 78° 58′ 30″, also nahe an 80°. Mit diesem Winkel und der bekannten Entfernung des Jupiters von der Sonne = 108069000 Meilen. Diese 108 Millionen Meilen als Radius des Kreises für die Bewegung des Jupiters um die Sonne, im Vergleich mit dem Kreis der Erdbahn zu 21 Millionen im Radius, den ersten Umfang in 4332, den zweiten in 365 gleiche Theile getheilt, wird man für jeden Tag sagen können, wo der Planet, von der Opposition weg gezählt, sich befindet, und sich auch sein Vor= und Zurückgehen versinnlichen können. Nach 198 Tagen hat er gleiche Länge mit der Sonne, also ist er in seiner Konjunktion. Nach 310 Tagen ist seine Länge schon wieder um 90° gegen die der Sonne verschieden, und sein Abstand

kann wieder gemessen werden. Nach 410 Tagen ist er in Opposition, nach 475 Tagen rechtwinklich, endlich nach 597 kommt die Sonne in gleiche Länge, also wieder mit ihm zusammen; somit ist sein synodischer Umlauf 597—198 = 399 Tagen.

Durch diese eben erwähnten und andere Messungen fand man die kleinste Entfernung des Jupiters von der Sonne = 102314200, die größte = 112668200, die mittlere = 107491200 Meilen. Die Länge der elliptischen Jupitersbahn ergab sich dadurch = 674995300, und die tägliche mittlere Geschwindigkeit = 155791 Meilen.

Waren die Entfernungen von der Sonne gefunden, so erhielt man auch die Entfernungen des Jupiters von der Erde, von denen jedoch hier nur die größte, kleinste und mittlere Entfernung zu 81299100, 133683300 und 107491200 Meilen angegeben werden soll. In diesen Entfernungen den scheinbaren Durchmesser gemessen, erhielt man den wahren Durchmesser des Jupiters = 19973,4 Meilen.

Die Neigung der Bahnebene ist nur 1° 18′ 51″; die Länge des aufsteigenden Knotens ist = 98° 26½′; und die Länge des Periheliums ist ohngefähr 11° 8½′.

Auf der Scheibe des Jupiters sieht man l a n g e W o l k e n s t r e i f e n, welche beinahe der Erdbahn parallel sind; außer diesen aber noch kleinere Streifen, wolkenartige Flecken, die jedoch nicht bleibend sind; dann hat man dunkle Flecken gefunden, aus deren Bewegung, v o n u n s a u s g e s e h e n, e i n e A x e n d r e h u n g v o n O s t n a c h W e s t, gerade so wie bei den übrigen, also in der That von West nach Ost, in Zeit von 10 Stunden, vorhanden seyn muß. Diese Drehungsaxe steht auf der Bahn des Jupiters unter einem Winkel von 86° 54½′. Nach genauer Messung dieser Axe ergab sich eine sehr g r o ß e A b p l a t t u n g von 13 : 14, welche wohl dem schnellen Umschwung dieses großen Körpers entspricht, da er beinahe 1500mal größer ist, als die Erde,

und ein Punkt des Jupiteraequators 27mal mehr Geschwindigkeit hat, als ein terrestrischer Aequatorspunkt.

Lichtphasen sind nicht leicht zu bemerken, da wir wegen seiner großen Entfernung beinahe immer die ganze beleuchtete Hälfte sehen.

§. 72.

Das größte Erstaunen bewirkten aber 4 kleine ziemlich helle Sterne, welche Abstand und Ort ändern, bald auf der rechten, bald wieder auf der linken Seite des Jupiters gesehen werden; auch sind sie oft alle auf einer Seite, oft nur einer oder zwei, jedoch immer so ziemlich in einer Linie, welche in der Ebene vom Aequator des Jupiters liegt. Zugleich fand man mit stark vergrößernden Fernröhren, daß sie kleine Scheibchen wären, folglich müssen sie Körper seyn; sie sind schon unsichtbar, bevor sie vermöge ihrer Bewegung hinter den Rand des Jupiters kommen, oder, wie man sagt, vom Jupiter bedeckt wurden, oder sie werden beim Hervortreten erst viel später gesehen. Oft sieht man sie und ihren Schatten auf der Jupiterscheibe vom östlichen gegen den westlichen Rand fortgehen. Dieß waren Beweise genug für die Behauptung, daß diese 4 Sterne Körper seyen, die ihr Licht nicht vom Jupiter, sondern von der Sonne erhalten, und den Jupiter eben so umkreisen, wie die Erde und die bereits genannten Planeten die Sonne, und zwar auch von West über Süd, Ost, u. s. w., und daß das zu frühe Verschwinden oder zu späte Hervortreten eine Verfinsterung durch den Schatten des Jupiters seyn müsse.

Es war natürlich, daß man sich mit dem Abstand, der Umlaufszeit, der Größe rc. dieser Jupitersmonde beschäftigt hat. Aus der Entfernung des Jupiters, und dem größern Winkelabstand eines Mondes ergaben sich die Linienabstände, indem man annahm, daß die Bahnlinie eines Jupitermondes ein Kreis sey, dann aus den scheinbaren Durchmessern die wahre Größe dieser Jupiterstrabanten ableitete.

Der dem Hauptkörper am nächsten heißt der erste, der entfernteste der vierte Mond. In dieser Ordnung sind die (erstaunlich kurzen) siderischen Umlaufszeiten 1,769, 3,551, 7,154 und 16,689 Tage; ihre mittlere Entfernung vom Jupiter ist 54400, 86550, 138060 und 242820 Meilen. Die Neigung ihrer Bahnen gegen die des Jupiters 3° 6′ 40″, 3° 4′ 30″, 3° 0′ 30″ und 2° 41′. Die mittleren Entfernungen als Radien genommen, werden die Umfänge ihrer Bahnen und die mittlern Geschwindigkeiten erhalten. Der erste legt täglich 193220, der letzte 91420 Meilen zurück.

Ihre Halbmesser fand man 265, 237,4, 387,7, und 331,7 Meilen; also ist jeder dieser Jupiterstrabanten weiter vom Jupiter entfernt, als unser Mond von der Erde, und jeder größer als der Mond, der dritte sogar 4½mal größer; auch wenden sie nach allen Beobachtungen dem Jupiter immer dieselbe Seite zu.

Aus diesen kleinen Umlaufszeiten können die Verfinsterungen der Jupiterstrabanten zu Längenbestimmungen auf der Erde sehr gut benützt werden, da sie wegen der großen Entfernung unserer Erde immer gesehen werden können, wenn Jupiter über dem Horizonte ist. Wäre z. B. ein Beobachter in **A**, der andere westlich in **B**, jeder habe nach seinem Meridian seine Uhr regulirt, und es erfolgt nun eine Jupitermondsverfinsterung, welche **A** um 9^h 17′ 32′, der in **B** um 8^h 36′ 57″ erblickt, so hat sie der zweite um den Zeitunterschied von 0° 40′ 35″ nach seiner Uhr später gesehen, wiewohl diese Verfinsterung für beide Beobachter in demselben Augenblick eintrat. Nun ist aber diese Zeit in den Aequatorsbogen zu verwandeln, daher nach der Proportion $24^h : 360 = 0° 40′ 35″ : x°$, oder es ist die Längendifferenz beider Orte = 10° 8′ 45″.

In Bezug auf Längendifferenz bemerke ich nur noch, daß auch Pulversignale und geometrische Messungen für kleinere Entfernungen benützt werden.

§. 73.

So wie schon Jupiter gegen die ersten vier Planeten, Merkur, Venus, Erde und Mars, ganz verschieden gefunden wurde, und selbst um diesen Riesen unter den Planeten bedeutende Körper sich bewegen, so zeichnet sich doch der jetzt folgende Planet noch mehr aus.

Saturn braucht nahe an 10750 Tage oder 29,4 Jahre, bis er wieder bei demselben Stern gesehen wird. Verfährt man so, wie bei den vorhergehenden Planeten, so findet man seine größte Entfernung von der Sonne = 208187400, die kleinste = 186050700, die mittlere = 197119000 Meilen. Die größte Entfernung von der Erde beinahe = 229000000, die kleinste = 165000000, und die mittlere = 197119000 Meilen; den Umfang der elliptischen Bahn = 1237558600, in der er täglich 115290 Meilen im Mittel zurücklegt.

Mit den Halbmessern von 207 und 1971 beschreibe man Kreise, ziehe aus dem Zentrum eine gerade Linie, welche beide Kreise schneidet, theile von dieser Linie weg den kleinern Kreis in 365, den größern in 10750 Tage, und denke sich, daß die gezogene Linie jene Punkte bezeichnet, in welcher der Saturn mit der Sonne in Opposition steht, also die Erde zwischen beiden ist; so wird nach ohngefähr 88 Tagen, von uns aus gesehen, Sonne und Saturn unter einem rechten Winkel seyn. Nach den Bewegungs-Geschwindigkeiten kann der Winkel im Zentrum der Sonne zwischen den Linien nach der Erde und dem Saturn bestimmt werden (ähnlich wie beim Jupiter), somit auch jener Winkel, unter welchem vom Saturn aus die Größe unserer Entfernung von der Sonne gesehen wird, wodurch die oben erwähnten Daten hervorgingen. Nach ohngefähr 189 Tagen, von der Opposition an gezählt, ist Saturn in Konjunktion, nach 378 wieder in Opposition und nach 567 Tagen abermals in Konjunktion; somit ist die synodische Umlaufszeit = 567 — 189 = 378 Tage. Die Neigung seiner Bahn wurde zu 2° 19′ 36″ gefun-

den, und die Länge des aufsteigenden Knotens ist 111° 56½′, die des Periheliums 89° 9½′.

§. 74.

Schon durch ein mittelmäßiges Fernrohr sieht man um den Saturn einen elliptischen Flächenring, in dessen leerem Raume eine Scheibe sich zeigt. Der Durchmesser dieser Scheibe ist viel kleiner, als der Durchmesser des leeren Raumes; der Raum zwischen dem innern Rand des Ringes und der Scheibe ist ganz dunkel. Durch vorzüglich gute Fernröhre wird auch dieser Ring in zwei konzentrische Ringe, jeder von geringer Dicke, gespalten gesehen. Dann bemerkt man in verschiedenen Zeiten, daß die runde Scheibe des Saturns mit Wolkenstreifen, wie Jupiter, überzogen ist, der Ring einen Schatten auf diese wirft, und daher muß aus der Bewegung der Flecken auf ihr gefolgert werden, daß auch diese Scheibe ein runder Körper ist, der sich in 10½ Stunden um seine Axe bewegt. In der verlängerten Ebene des Aequators vom runden Körper liegen die Ringe, und weil man die Neigung der Axe gegen die Erdbahnebene = 65° 29½′ fand, also die Neigung des Aequators = 24° 30½′ ist, so können wir einmal auf oder unter diese Ringebene sehen, oder wir können in der Verlängerung seyn. Das erstemal sehen wir einen großen Theil mehr, als die Hälfte der uns zugewendeten Saturnshalbkugel, und der kleinere Theil ist unter dem Ringe; im zweiten Falle sehen wir mehr, als die untere Hälfte; hingegen im dritten Falle, der sich zweimal ereignet, kann der Ring auf der Oberfläche des Saturns als ein gerader Streifen durch den Mittelpunkt gehend gesehen werden. So z. B. sehen wir jetzt, im Jahre 1843, auf die obere Ringfläche, da er (Saturn) am 7. Januar in Konjunktion, und die Erde beinahe im Perihelium war, wodurch wir einen Theil der südlichen und der nördlichen Halbkugel sehen konnten. Nach 5 Jahren, also 1848, ist Saturn in der Mitte vom

Zeichen der Fische, und wir sind dann in der Verlängerung seiner Aequators- oder Ringebene; daher uns der Ring als eine gerade Linie erscheint, die abwärts gegen Norden gerichtet seyn muß, und auf beiden Seiten über die Kugel hinausreicht. Von da weg nach 7,4 Jahren muß er in der Mitte vom Zeichen der Zwillinge eine solche Stellung haben, daß wir unter die Aequators- oder Ringebene, also beinahe die südliche Hälfte des Saturns sehen; die kreisförmige Ringfläche zeigt sich wieder als Ellipse, von der wir die ganze südliche Hälfte erblicken, während der größte Theil der nördlichen durch den Saturn verdeckt wird.

Nach wieder 7,4 Jahren ist Saturn im Zeichen der Jungfrau, die Erde geht wieder durch die verlängerte Ringebene; wir sehen also ebenfalls den Ring als gerade Linie auf der Mitte der Saturnskugel von Süden gegen Norden abwärts geneigt. Diese 4 Hauptansichten wiederholen sich immer.

Wir haben oben die Erde nur als einen Punkt angenommen, und von diesem aus die Stellungen des Ringes betrachtet, die sich aber nicht viel anders ergeben, wenn wir ihn auf der Sonne stehend verfolgt hätten, da Saturn beinahe 10mal weiter von der Sonne entfernt ist, als die Erde. Man muß sich aber vorstellen, daß wir wirklich auf der nördlichen Erdhalbkugel sind, und von da weg die Planeten betrachten. Wenn also Saturn in der That im Norden seiner Bahn ist, also wir den Südpol unten sehen müssen, aber immer die Sonne gegen Mittag haben, so sehen wir auch den Südpol oben, und den sichtbaren Ringtheil unten; aber durch das Fernrohr gesehen, muß der Südpol unten seyn, wie er es auch wirklich ist.

Wenn Saturn in den südlichen Punkten ist, und die Erde auch, also wir Sommer haben, so sehen wir in der Nacht den nördlichen Pol des Saturns oben, und den sichtsbaren Ringtheil unten; also sieht man durchs Fernrohr dieen Pol unten, den Ringtheil oben. Die übrigen Stellungen

wird man sich wohl auch leicht erklären können. Es ist übrigens auch möglich, daß die Erde unter den beleuchteten Theil der Ringebene kommen kann, und wir dadurch diese Ebene gar nicht sehen; mit sehr scharfen Fernröhren wird man aber doch immer die beleuchtete Ringdicke sehen können, da uns diese nur verschwindet, wenn wir auf der beleuchteten Ringebene normal sind. Um sich einen deutlichen Begriff von den Ringen und ihren sichtbaren Stellungen zu machen, müssen immer Modelle und Zeichnungen vorgezeigt werden.

§. 75.

Durch diese verschiedenen Zustände konnten die Messungen des Saturns und seiner Ringe vorgenommen werden. Die Dimensionen des eigentlichen Planetenkörpers sind nun: der Durchmesser des Aequators = 14908 Meilen. Dieser verhält sich zur Länge der Axe = 114 : 103; also hat Saturn eine große Abplattung, die sich wohl aus der geschwinden Rotation ergeben mußte, da er nach diesem Verhältniß 591½mal größer ist als unsere Erde. Die Neigung der Axe gegen die eigene Bahn beträgt nahe 63°. Denkt man sich eine Ebene, in welcher die Ringe liegen, so erhält man in den sich ergebenden Durchschnitten Folgendes:

Radius des Saturnaequators = 7454 Meilen.
" " innern Randes vom ersten Ring = 12730 M.
" " äußern " " " " = 16460 "
" " innern Randes vom zweiten Ring = 16840 "
" " äußern " " " " = 19100 "

wodurch die Breiten der leeren Räume und der Ringe hervorgehen. Man glaubt, daß die Dicke des äußern Ringes 37 Meilen betragen könne, die des innern aber größer sey. Hieraus muß schon erkannt werden, daß es schwer ist, die Dicke des Ringes zu sehen.

Der Ring bewegt sich gleichzeitig mit dem Hauptkörper um die Axe in ohngefähr 10½ Stunden.

Man kann sich wohl denken, daß auf beiden Seiten dieses Ringes, also auf den großen Ringflächen, Gebirge, Gewässer u. s. w. seyn können und werden; ebenso auf dem Saturn; diese Dinge wollen wir aber nicht nacherzählen. In Bezug auf Farbe sieht man den Ring weiß und den Saturn mehr gelblich; auch vermuthet man, daß der äußere Ring nur ein Wolkengebilde sey, da er sich immer sehr verändert zeigt.

§. 76.

So wie wir am Jupiter ein Mondensystem wahrgenommen haben, so entdeckte man auch beim Saturn nach und nach 7 Monde in verschiedenen Entfernungen, Durchmessern und Geschwindigkeiten. Diese Monde bewegen sich in krummen Linien, welche als Kreise angenommen werden dürfen. Aus den Bewegungen ihrer Flecken rc. schloß man auf ihre Axendrehung. Die meisten laufen in der Saturnsbahn, nur der letzte nähert sich der Erdbahnebene mit einer Neigung von 15°.

Der fünfte ist viel größer als unser Mond, und der sechste größer als die Erde. Zur Uebersicht diene:

Mond.	Durchm.	Entfernung.	Umlaufszeit.	
I.	unbekannt	27250 M.	0 T. 22 St. 37′	1789 von Herschel entdeckt.
II.	„	33995 „	1 „ 8 „ 53′	
III.	384 M.	42090 „	1 „ 21 „ 18′	1686 von Cassini.
IV.	284 „	53015 „	2 „ 17 „ 45′	
V.	520 „	75300 „	4 „ 12 „ 25′	von Cassini 1684.
VI.	2092 „	154570 „	15 „ 22 „ 41′	v. Huygens 1650.
VII.	1236 „	508850 „	79 „ 12 „ 42′	von Cassini 1671.

Wenn die Erde in der Verlängerung der Ringfläche ist, so können die Saturnstrabanten am leichtesten gesehen werden, weil sie dann wie Perlen auf einem Band erscheinen; aber auch nur mit einem sehr guten Instrumente.

Die bis jetzt beschriebenen Planeten sind die, welche uns die Alten schon überliefert haben, daher man sie auch die alten Planeten heißt.

§. 77.

Im Jahre 1781 fand Herschel einen Stern, welchen er nicht als einen glänzenden Punkt, sondern als ein kleines Scheibchen sah. Er fand, daß dieser Stern in der Ekliptik sich sehr langsam und wie die übrigen Planeten fortbewege, daher er auch ein Planet seyn müsse. Man gab ihm den Namen Uranus. Herschel beobachtete ihn, nachdem er als Planet erkannt wurde, sehr genau, und fand, daß er beinahe 84 Jahre und 55 Tage zu seiner Umlaufszeit braucht, seine Sonnenferne 415 und seine Sonnennähe 378 Mill. Meilen betrage, daß er immer nach 369,6 Tagen in Konjunktion sey, sein Durchmesser 7467 Meilen habe, also beinahe 81mal größer als die Erde sey, in 10,6 Tagen sich um seine Axe drehe, seine Abplattung = $^1/_{60}$ seyn müsse, die Neigung der Axe gegen die eigene Bahn nur 30′, und die Neigung dieser Bahnebene gegen die der Erde auch nur = $46\frac{1}{2}'$ sey. Die Länge des aufsteigenden Knotens beträgt $72° \; 59\frac{1}{2}'$, des Periheliums $167° \; 30\frac{1}{2}'$.

Dieser Planet zeichnet sich von den übrigen Planeten dadurch aus, daß seine Axe beinahe in seiner Bahn liegt.

Sein helles Licht beweist, daß er eine eigene Sonne bildet, da noch dazu um ihn (nach Herschel) 6 Trabanten sich bewegen, also er mit diesen ein eigenes Planetensystem bildet.

Sein Umfang ist nicht scharf begrenzt, weßhalb es scheint, daß er von einer veränderlichen Wolkenhülle umgeben ist.

Die Monde dieses Planeten bewegen sich, wie die des Jupiter und Saturn, sehr nahe in der Ebene seines Aequators; da aber dieser vermöge der Lage der Axe die Erdbahnlinie beinahe rechtwinklig durchschneiden muß, so sind auch die Bahnen dieser Monde beinahe rechtwinklig auf der Erdbahn, daher wir sie immer vertikal über oder unter dem Uranus sehen.

Herschel hat folgende Zahlen gefunden:

Trabant.	Entfern v Uranus.		Umlaufszeiten.				Entdeckt
I.	48960	Meilen	5	Tage	21½	Stunden.	1794
II.	63530	"	8	"	17	"	1787
III.	74050	"	10	"	23	"	1794
IV.	84920	"	13	"	11	"	1787
V.	169890	"	38	"	2	"	1791
VI.	339680	"	107	"	16½	"	1790

Man glaubt, Spuren aufgefunden zu haben, daß noch einige Monde vorhanden sind, konnte dieß aber mit Bestimmtheit nicht behaupten.

Höchst wahrscheinlich ist, daß beinahe Alles so seyn muß, wie bei den Trabanten der vorhergehenden zwei Planeten; aber wegen ihrer großen Entfernung kann nichts auf ihnen unterschieden werden.

Wiewohl das Licht des Uranus etwas stärker ist, als das des Saturn, so haben ihn doch die Alten nicht für einen Planeten erkannt; seine Bewegung war ihnen nicht auffallend genug, da er jährlich nur 4° am Himmel zurücklegt.

§. 78.

Stellen wir nun die mittlern Entfernungen dieser Planeten von der Sonne, der Uebersicht wegen, zusammen, so haben wir:

Entfernung	des	Merkurs	beinahe	8	Millionen,
"	der	Venus	"	15	"
"	"	Erde	"	20½	"
"	des	Mars	"	31½	"
"	"	Jupiter	"	107½	"
"	"	Saturn	"	197	"
"	"	Uranus	"	396½	"

Man erkennt, daß die Entfernungen der letzten Planeten beinahe zweimal größer werden, als die nächst vorhergehenden, und dieses Gesetz auch bei

den Uranusmonden auffallend hervortritt. Es wurde daher versucht, diese Abstände in eine Reihe zu bringen. Die Entfernung des Merkurs = 4 angenommen, konnten diese Zahlen weder einer vollkommen arithmetischen noch einer rein geometrischen Progression entsprechen, daher eine Zusammensetzung aus beiden zuläßig erschien; nämlich

Entfernung	des	Merkurs	$= 4$	$= 4$
"	der	Venus	$= 4 + 2^0 . 3$	$= 7$
"	"	Erde	$= 4 + 2^1 . 3$	$= 10$
"	des	Mars	$= 4 + 2^2 . 3$	$= 16$
"	"	Jupiter	$= 4 + 2^4 . 3$	$= 52$
"	"	Saturn	$= 4 + 2^5 . 3$	$= 100$
"	"	Uranus	$= 4 + 2^6 . 3$	$= 196$

Wenn also die Entfernung des Merkurs = 4 = 8000000 Meilen ist, so ist ja 1 = 2000000 oder = 2 Millionen, also die Entfernung der Venus = 7. 2 Millionen = 14 M.; die der Erde = 10. 2 M. = 20 Millionen u. s. w.; des Uranus = 196. 2 Mill. = 392 Mill. Meilen von der Sonne.

Als genäherte Verhältnißzahlen kann diese Reihe beibehalten werden; sogleich erkennt man aber, daß zwischen Mars und Jupiter ein Glied der Reihe, nämlich $4 + 2^3 . 3 = 28$ fehlt, d. h. es mangelt ein Planet, der in einer mittlern Entfernung von 28. 2 = 56 Mill. Meilen um die Sonne lauft.

§. 79.

Durch diese Lücke aufmerksam gemacht, wurden alle Sterne im Thierkreise beobachtet, weil ja durch diesen die Erdbahnebene geht.

Piazzi entdeckte wirklich 1801 am 1. Januar einen kleinen Planeten, der den Namen **Ceres** erhielt. Am 28. März 1802 fand Olbers die **Pallas**, 1804 am 1. September wurde **Juno** von Harding, und am 29. März **Vesta**, wieder von Olbers, gefunden.

Wollen wir diese Planeten nicht nach der Zeit ihrer Entdeckung, sondern nach ihrer Entfernung von der Sonne ordnen, so hat

	Entfernungen in Meilen			
	kleinste	mittlere	größte	siderische Umlaufszeit.
Vesta	44482000	48804000	53126000	1326 Tage.
Juno	41070000	55169000	69268000	1593 „
Ceres	52871500	55266000	61660500	1685 „
Pallas	43435000	57502000	71169000	1686 „

Ihre mittlern Entfernungen entsprechen sehr nahe dem abgängigen Gliede = 56 Millionen M. in jener aufgestellten Reihe, und selbst die Umlaufszeiten sind nicht viel verschieden, daher diese 4 Körper wohl für einen Planeten im System angenommen werden dürfen.

Die scheinbaren Durchmesser wurden beinahe = 0, und dadurch die wirklichen Durchmesser so klein gefunden, daß eine Berechnung nicht vorgenommen werden konnte. Man glaubt, daß Juno 300, und Pallas 145 Meilen im Durchmesser habe. Diese Ungewißheit gilt auch für ihre Axendrehung. Eigen ist diesen 4 Planeten, daß ihre Bahnen große Neigungswinkel gegen die Erdbahnebene haben.

Die Neigung der Bahn der Vesta beträgt beinahe 7° 52′
„ „ „ „ „ Juno „ „ 13° 2′
„ „ „ „ „ Ceres „ „ 10° 37′
„ „ „ „ „ Pallas „ „ 34° 36′

Um die Richtung der großen Axen ihrer Bahnen zu erhalten, fand man die Länge des Periheliums vom ersten dieser Planeten = 249° 11′, vom zweiten 54° 17′, vom dritten 147° 21′, und vom vierten = 121° 5′.

Die Längen der aufsteigenden Knoten in derselben Ordnung sind: 103° 20′, 170° 53′, 80° 54′ und 172° 39′.

Wegen ihrer gefundenen kleinen körperlichen Größe werden diese so zu sagen nur einen Planeten bildenden Körper die **Asteroiden** genannt.

§. 80.

Die Planeten unserer Sonne (☉) sind also:

☿ Merkur.
♀ Venus.
♁ Erde mit einem Mond.
♂ Mars.
⚶ Vesta.
⚵ Juno.
⚳ Ceres.
⚴ Pallas.
♃ Jupiter mit 4 Monden.
♄ Saturn „ 7 „
♅ Uranus „ 6 „

Jeder dieser Planeten bewegt sich:

1) in einer elliptischen Bahn um die Sonne, welche gemeinschaftlicher Brennpunkt aller Bahnen ist; daher gehen auch alle Knotenlinien durch die Sonne;
2) mit einer solchen Geschwindigkeit, daß die zurückgelegten Flächenräume, welche der Radiusvektor in gleichen Zeiten beschreibt, immer einander gleich sind.

Durch beide Gesetze ist man im Stande, für jeden Augenblick den Ort des Planeten anzugeben.

Ein drittes Gesetz, zu welchem Kepler 17 Jahre brauchte, bis er es fand, ist folgendes: wenn man die Geschwindigkeiten der Planeten gegeneinander vergleicht, so ergibt sich, daß die Quadrate der siderischen Umlaufszeiten sich verhalten, wie die dritten Potenzen der grossen Axen der elliptischen Bahnen.

Wenn also t und **T** die Umlaufszeiten zweier Planeten, a und **A** die großen Axen sind, so ist $t^2 : T^2 = a^3 : A^3$. Die siderischen Umlaufszeiten können aber leicht beobachtet werden; mag nun eine dieser Axen, z. B. a, bekannt seyn, so ist aus dieser Proportion die Bestimmung der Axe für den andern Planeten möglich; es wird nämlich

$$A = a\sqrt[3]{\left(\frac{T}{t}\right)^2}$$

Die Umlaufszeit der Erde ist bekanntlich = 365,256, die des Jupiters = 4332,582 Tage, die große Axe der Erdbahn = 41333600 Meilen, somit muß nach diesem dritten Gesetz die große Axe der Jupitersbahn

oder $A = 41333600\sqrt[3]{\left(\frac{4332,582}{365,256}\right)^2}$ seyn. Wird dieser Zahlenausdruck berechnet, so erhält man A = 214982340 Meilen; also ist die halbe große Axe, oder die mittlere Entfernung des Jupiters von der Sonne = 107491170 Meilen, wie sie schon oben angesetzt wurde.

In der oben angesetzten Progression war das abgängige Glied = 56 Millionen; sucht man damit die Umlaufszeit für diesen Planeten, so wird

$T = t\sqrt[2]{\frac{A^3}{a^3}} = 365,256\sqrt[2]{\frac{56^3}{21^3}}$ = 1629 Tage; beinahe = der Umlaufszeit der Asteroiden.

Dasselbe Gesetz gilt auch für die mittlern Entfernungen und scheinbaren Umlaufszeiten der Jupiters-, Saturns- und Uranus-Trabanten.

§. 81.

Möchte man aber nicht vermuthen, daß vielleicht ein allgemeines Gesetz in der Natur vorhanden seyn könnte, welches macht, daß alle Planeten nach diesem Gesetz um die Sonne laufen? Dieses Gesetz müßte aber nichts als die Aeußerung einer Kraft seyn, welche die Planeten zwingt, in einer elliptischen Bahn um die Sonne so zu laufen, daß die augenblicklichen Geschwindigkeiten sich verhalten, wie umgekehrt die Quadrate der Entfernungen von dem Körper, um welchen die Bewegung geschieht.

Wir haben schon eine Kraft kennen gelernt, welche alle zur Erde gehörenden Körper an die Erde zieht, und daß die

Kraft desto kleiner wird, je größer ihr Abstand vom Zentrum der Erde wird, und zwar nicht im einfachen, sondern im quadratischen Verhältniß, d. i. wenn v, V diese Kräfte, e und E die Entfernungen des Körpers sind, so ist $v : V = \frac{1}{e^2} : \frac{1}{E^2}$.

Dieses Gesetz fanden wir allerdings für die Erde; es wurde aber von Newton als allgemeines Naturgesetz für alle Körper aufgestellt, nach welchem also jeder Planet von der Sonne, jeder Trabant vom Planeten, und wieder jeder Planet von den übrigen Planeten und seinen Trabanten im umgekehrten Quadratverhältniß der Entfernungen angezogen wird.

Die Anziehung muß auch desto größer seyn, je größer die Masse des anziehenden Körpers ist. Diese Anziehung, und die jedem Himmelskörper zugetheilte Flieh= oder Zentrifugalkraft in der geradlinigen Bewegung bringt die elliptische Bahn des Planeten um die Sonne, der Monde um die Planeten hervor, da in jedem Augenblick aus der mittleren Richtung des Körpers als mittlere Kraft, dann aus der Richtung gegen die Sonne, der Flieh= oder Tangentialkraft, eine krummlinige Bewegung hervorgehen muß.

§. 82.

Durch jenes allgemeine Naturgesetz ergaben sich dann auch die Gesetze der Dichtigkeiten, also auch der Massen der Planeten und Trabanten, die Fallräume auf ihren Oberflächen u. s. w.

Wenn aber bloß die Anziehungskraft der Sonne auf die Planeten, und diese auf ihre Monde wirken würde, so würden Planeten und Monde immer genau in derselben Bahn bleiben; da aber jene Kräfte wirklich vorhanden sind, so erleiden diese Körper immer eine kleine Aenderung in ihrer Bahn. Diese Einwirkungen heißen Störungen, Perturbationen. Auf unserer Erde haben wir eine sehr sicht=

bare Wirkung der Anziehungskraft des Mondes in der Ebbe und Fluth, von der jedoch in der physikalischen Geographie das Nöthige abgehandelt wird.

§. 83.

Wir haben wohl allerdings gesehen, wie Rektaszension und Deklination eines Fixsternes bestimmt wurde, und wir nannten ihn deßwegen Fixstern, weil er gegen die übrigen Sterne immer einen gleichen Abstand behält. Er soll aber auch immer dieselbe Rektaszension und Deklination haben. Als man aber genaue Instrumente hatte, und auch von der Bewegung der Erde um die Sonne überzeugt war, so behauptete man, daß sich Rektaszension und Deklination eines Sternes, überhaupt der Himmelskörper, ändern, und konnte diese Aenderungen auch mit dem Instrumente messen.

Wolle man sich denken, daß die Erde in ihrem nördlichsten Punkte sey, so wird man einen gegen Süden stehenden Fixstern in irgend einer Höhe über der Ekliptik sehen, und nun diese Höhe, oder eigentlich seine Deklination angeben. Ist die Erde aber in ihrem südlichsten Punkt, so bemerkt man eine etwas größere Deklination. Der Unterschied beider Deklinationen ist gleich jenem Winkel, unter welchem vom Stern aus der Durchmesser der Erdbahn gesehen wird. In den Aequinoktialpunkten beobachtet, soll man die wahre Deklinationen erhalten, welche das Mittel zwischen den vorigen Deklinationen ist, da dann die Erde auch sehr nahe in der Mitte ihrer Bahn d. h. zwischen dem nördlichsten und südlichsten Punkt sich befindet.

Die Größe des Winkels, unter welchem der Halbmesser der Erdbahn vom Stern aus gesehen wird, heißt die jährliche Parallaxe des Sterns. In Bezug auf Rektaszension ist sie im Nord- und Südpunkt gleich groß, in den Aequinoktialpunkten verschieden.

Gesetzt man hätte die jährliche Parallaxe gefunden, so geht daraus die Entfernung des Sterns hervor, da man den

Halbmesser der Erdbahn kennt; ganz so wie man die Entfernungen der Planeten aus der täglichen Parallaxe mit Hilfe des bekannten Erdradius findet. Ist z. B. die jährliche Parallaxe im Winkel nur 20 Sekunden, so wird die Entfernung größer als 4 Billionen Meilen, oder über 206000 Sonnenweiten.

Bei Beobachtung dieser jährlichen Parallaxe war es aber auffallend, daß diese Unterschiede in gewisse Perioden eingeschlossen sind; man hat sogleich vermuthet, daß eine andere Ursache diese Perioden hervorbringen, und wohl eine jährliche Parallaxe für die Planeten beobachtet werden kann, hingegen für die zuvor schon gefundene ungeheure Entfernung der Fixsterne, auch die jährliche Parallaxe beinahe = 0 seyn müsse, wiewohl man Aenderungen in der Rektaszension und Deklination der Fixsterne bemerke.

§. 84.

Schon in frühester Zeit hat man die Neigung der Ekliptik gegen den Aequator bestimmt, diese Bestimungen von Zeit zu Zeit verglichen, und gefunden, daß dieser Winkel immer kleiner wurde. Nach Bohnenberger betrug er
1100 Jahre vor Chr. Geburt 23° 54′ 2″
Ptolomäus fand diesen Winkel = 23° 51′ 20″
Im Jahre 1800 fand man . . . . 23° 27. 57
zu 1842 gehören . . . . . 23° 27. 38″
zu 1843 „ . . . . . 23° 27. 35,6
zu 1844 „ . . . . . 23° 27. 31
zu 1845 „ . . . . . 23° 27. 28.

Durch sorgfältige Beobachtungen und Rechnungen, mit Beachtung aller Umstände, hat man aber gefunden, daß dieser ekliptische Winkel in der Folge zu einem Minimum wird, dann wieder zunimmt, abermals kleiner wird, und so in diesem Wechsel von allerdings tausendjährigen Perioden fortfährt, sich zu ändern. Der Unterschied zwischen dem größten und kleinsten Werth des Neigungswinkels beträgt nach

Laplace 1° 48′, nach **Lambert** nur 1° 20′. Um eben so viel können die Wende- und Polarkreise sich verändern. Auch ist nicht zu hoffen, daß ein ewiger Frühling eintritt, da dieser Winkel nie = 0 wird.

Die Veränderung des Winkels der Ekliptik schreibt man den Anziehungskräften der Planeten zu, welche den Erdaequator gegen die Erdbahnebene zu bringen trachten. Auch bei den Planeten ist eine Veränderung der Neigungen ihrer Aequators — gegen ihre Bahnebene bemerkt worden.

§. 85.

Eine andere schon stärker bemerkbare Veränderung ist folgende:

Wenn man die Entfernung des Durchschnittspunktes der Ekliptik mit dem Aequator, d. i.: den ersten Aequinoktialpunkt, von einem Firstern, der in der Ekliptik ist — bestimmt hat, und nach mehreren Jahren diese Entfernung wieder bestimmt wird, so findet man nun diese Entfernung größer als zuvor. Es scheint somit, daß die Sterne, welche in der Ekliptik sind, von West nach Ost am Frühlingspunkt vorbeigehen, vorrücken; und zwar beträgt dieses Vorrücken der Sterne, nach allen Beobachtungen jährlich 50,23″. Diese Erscheinung heißt die **Praecession**. Da aber die Sterne unveränderlich sind, so müssen die Aequinoktialpunkte von Osten gegen Westen, also in der That zurück gehen. Das Zurückgehen dieser Punkte in der Ebene der Ekliptik, nennt man, wiewohl uneigentlich, die Präzession der Nachtgleichen. Sie ist die Wirkung der Anziehungskraft des Mondes und der Sonne auf die abgeplattete Erde.

Bei der Eintheilung der Ekliptik in die bekannten 12 Sternbilder, ist allerdings der Frühlings- oder Anfangspunkt im ersten Sternbild, d. i. im Widder gewesen; seit dieser Zeit sind aber 31° vorbeigegangen, so daß jetzt der Frühlingspunkt im letzten Grad des Wassermann, also 31°

zurück gewichen ist. Macht man die 31° zu Sekunden, und dividirt mit 50,23″, so erhält man über 2220 Jahre; d. h. die Zeichen des Thierkreises sind nahe vor 2220 Jahren eingeführt worden. Ein platonisches Jahr heißt die Zahl der Jahre, die der Frühlingspunkt braucht, bis er auf der Ekliptik 360° zurückgelegt hat; welches erhalten wird, wenn man 360° zu Sekunden macht und in diese mit 50,23 dividirt; man erhält beinahe 25800 Jahre.

Bei den Planeten findet man ebenfalls, wie oben schon bemerkt, nicht nur eine Veränderung der Neigung ihres Aequators gegen die eigene Bahnebene, und eine Veränderung der Neigung dieser gegen die Erdbahnebene, sondern auch ein Zurückgehen ihrer Knotenlinie. Nur die siderischen Umlaufszeiten und Rotationsgeschwindigkeiten bleiben konstant.

Das Zurückgehen der Knoten der Mondsbahn geschieht so schnell, daß sie schon nach etwas mehr als 18½ Jahren, 360° zurückgelegt haben, also diese Recession beim Mond über 19° beträgt, und wie man sich wohl leicht denken kann, nichts anderes als jener 19jährige metonische Mondscyklus ist.

§. 86.

Verändert sich die Lage der Aequatorsebene gegen die der Ekliptik, so behält wohl auch der Pol des Aequators nicht immer eine gleiche Entfernung vom Pol der Ekliptik; dieß ist aber, wie wir gesehen haben, eine kleine Aenderung, d. h. der Pol des Aequators wird beinahe immer 23° 27½′ vom Pol der Ekliptik entfernt seyn. Aber vermöge der Präzession bewegt sich der Aequatorspol um den Pol der Ekliptik von West über Nord, Ost... in nahe 25800 Jahren, wodurch nach und nach alle jene Fixsterne für uns Polarsterne werden, die ohngefähr 23½ Grad vom Pol der Ekliptik entfernt sind. So z. B. war vor 250 Jahren der jetzige Polarstern 3° vom Aequators-

pol entfernt, jetzt nur 1° 32′. Vor ungefähr 4500 Jahren ist der Stern α im Drachen, Polarstern gewesen, dessen kleinste Entfernung vom Aequatorspol, weniger als einen Grad betrug. Nach 2300 Jahren von jetzt an, wird der Stern γ im Cepheus Polarstern seyn.

Durch dieses allmählige Herumgehen müssen sich aber Rektaszension und Deklination der Sterne ändern; aus dem Winkel der Ekliptik und dieser jährlichen Aenderung vom 50,23″ läßt sich die Aenderung der Rektaszension und Deklination berechnen.

§. 87.

Man hat nicht nur nach Verfluß eines Jahres eine immer größer werdende Rektaszension und eine immer — aber regelmäßig — geänderte Deklination, sondern auch während einem Zeitraum von 18½ Jahren, ein kleines Vor- und Zurück-, Auf- und Abgehen der Firsterne bemerkt; so daß, wenn man die beobachteten Rektaszensionen und Deklinationen auftrug, und die erhaltenenen Punkte zusammenzog, eine kleine Ellipse entstund, deren ganze große Axe 19″ gegen den Pol der Eliptik gerichtet ist, und 14″ zur kleinen Axe hat.

Die Bahn des Mondes ist ungefähr 28½° gegen den Erdaequator geneigt; dadurch muß er während 18½ Jahren verschieden auf die Erde wirken, und bringt also die Erdaxe während dieser Periode immer in eine etwas geänderte Lage. Die Verlängerung der Erdaxe beschreibt dadurch am Himmel eine kleine Ellipse, die wir aber nur aus der Rektaszension und Deklination der Sterne erkennen. Diese Veränderungen nennt man das Wanken der Erdaxe oder die Nutation, welche also von der Anziehungskraft des Mondes aus den verschiedenen Stellungen während 18½ Jahren hervorgebracht wird.

§. 88.

Wiewohl vermöge der bestehenden Geschwindigkeit der Jupitersmonde die Zeit des Eintritts des Mondes in den

Schatten des Jupiters genau berechnet werden kann, so hat man doch bemerkt, daß die Verfinsterung erst nach mehreren Zeitsekunden von uns gesehen wird.

Aus den Entfernungen des Jupitermondes von der Erde und dem Zeitunterschiede vom wirklichen und bloß gesehenen Eintritte des Mondes in den Schatten, ergab sich die Geschwindigkeit des Lichtes = 41890 Meilen in einer Sekunde. Das Sonnenlicht braucht also bis zu uns nahe 493,36″ oder 8′ 13,36″. Nehmen wir einen Fixstern, dessen jährliche Parallaxe = 2″ ist, so wird seine Entfernung nahe 2131413 Millionen, also etwas mehr als 2 Billionen Meilen betragen, wozu das Licht 598 Tage Tage brauchen würde, um zu uns zu kommen. Aus vielen Beobachtungen glaubt man, daß 15 Jahre die Zeit seyn möchte, bis das Licht der Sterne zur Erde kommt, welches einer Enlfernung von beinahe 20 Billionen Meilen oder 1 Million Sonnenweiten entspricht. Ein solcher Stern würde noch 15 Jahre lang gesehen werden, nachdem er in der That schon ausser der Möglichkeit des Sehens ist.

§. 89.

Die Erfahrung über die Geschwindigkeit der Basis vorausgesetzt, wollen wir die Erfolge, welche aus der Bewegung der Erde hervorgehen, betrachten. Würde keine andere Bewegung als die ihrer Rotation vorhanden seyn, so würde man die Sterne unter dem Winkel sehen, den sie vermöge der Rektaszension und Deklination, verbessert durch die entsprechende Präzession und Nutation, haben müssen. Da aber die Erde eine sehr schnelle Bewegung in ihrer Bahn hat, so muß wegen der Geschwindigkeit des Lichts, welches vom Sterne zu uns kommt, und wegen der Geschwindigkeit der Erde eine mittlere Richtung des Lichtes hervorgehen; d. h. wir sehen den Stern unter einem andern Winkel, somit scheinen sich auch wieder Rektascension und Deklination zu ändern. Gesetzt die Erde sey in den Aequinoktialpunkten,

der Stern gegen Süden, so bewegen wir uns in gerader Richtung gegen ihn, oder wir entfernen uns von ihm, und auch die mittlere Richtung ist gegen ihn, oder von ihm; daher ändert er jetzt seine Länge nicht. Ist die Erde in den nördlichen Punkten ihrer Bahn, also ihre Bewegung von Ost nach West, so muß auch die mittlere Richtung dahingehen, d. h. der Stern scheint sich auch von Ost nach West zu bewegen, erscheint also in seiner kleinsten Länge. Wenn aber die Erde in ihren südlichen Punkten ist, also sich von West nach Ost bewegt, so bewegt sich ebenso die mittlere Richtung des Lichtes, und der Stern bewegt sich scheinbar auch gegen Osten, wodurch er dann seine größte Rektascension erhält. Dieß zusammen genommen, ergibt sich, daß die Bewegung des Sterns ebenso erscheint, wie die der Erde.

Es wurde hier nur ein Beispiel zur Versinnlichung gewählt; wollen wir uns aber kürzer fassen, so werden wir sagen: Wenn der Stern mit der Erde in den Quadraturen ist, so ändert sich seine Rektaszension nicht; in Conjunktion mit ihm, ist sie kleiner, und in der Opposition größer, als in den Quadraturen. In Bezug auf des Sternes Deklination muß diese unverändert in der Opposition und Conjunktion bleiben.

Bewegt sich aber die Erde vorwärts, also gegen ihn, so scheint er sich auch vorwärts zu bewegen, und er erhält scheinbar eine kleinere Deklination; bei der rückgängigen Bewegung der Erde, also von ihm weg, geht er auch rückwärts, und er erhält eine größere Deklination.

Durch Beobachtung dieser scheinbaren Bewegungen fand man, daß die Sterne, welche beim Pol der Ekliptik sind, in einem kleinen Kreis sich bewegen, dessen Durchmesser nahe 41″ beträgt, und diesen Kreis während eines Jahres durchlaufen. Ist aber der Stern nicht an diesem Pol, so ist der scheinbare Weg des Sterns eine Ellipse, deren halbe große Axe wieder beinahe 20½″ vom Stern weg gegen den ekliptischen Pol gerichtet ist; die halbe kleine Axe ist desto kleiner

je näher der Stern an der Ekliptik steht; ferner wird diese kleine Axe für jene Sterne = 0, welche in der Ekliptik sind, und die ganze große Axe erhält eine Länge von 41″.

Diese Bewegungen eines Sternes, welche sich, wie schon gesagt, alle Jahre wiederholen, nennt man seine Abirrung, die natürlich nur von der Ablenkung seines Lichtes durch die Geschwindigkeit der Erde, hervorgebracht werden kann.

Wir haben gehört, daß das Sonnenlicht 493,36 Zeitsekunden braucht, bis es zur Erde kommt. Während dieser Zeit beschreibt die Erde einen Bogen, der beinahe 20½ Sekunden im Winkel beträgt; und eben so groß ist auch, wie wir oben schon gesehen haben, der Ablenkungswinkel des Sternenlichtes, also mit der Bewegung der Erde im genauen Zusammenhang.

§. 90.

Endlich verursacht die Brechung des Lichtes (Refraction) in den die Erde umgebenden, und immer gegen die Erde dichter werdenden Luftschichten, daß wir die Sterne höher sehen, als sie wirklich sind; daher auch alle gemessene Höhen mehr oder wenig verkleinert werden müssen, je nachdem der Stern eine kleine oder große Höhe über dem Horizont hat. Würde man diese Verbesserung nicht vornehmen, so würde eine zu große Deklination erhalten werden.

Ist der Himmelskörper im Horizont, so wird er durch die Refraktion um 33′, also um den scheinbaren Durchmesser der Sonne erhöht.

Für 10° Höhe ist die Refraktion = 5′ 20″, bei 20° = 2′ 40″, 30° = 1′ 40″, 40° = 1′ 9″, für 50° = 49″, für 60° = 34″, für 70° = 21″, für 80° = 10″, und für 90° = 0″.

Diese Strahlenbrechung verursacht, daß die Sonne früher aufgeht, als sie nach der Rechnung aufgehen soll.

Für eine geographische Breite von 66° 32′ 25″, ist bekanntlich die kleinste Sonnenhöhe h = Aequatorshöhe —

Neigung der Ekliptik = 23° 27′ 35″ — 23° 27′ 35″ = 0 gefunden worden; da aber durch die Refraktion die Sonne wenigstens um 33′ erhöht wird, so sehen die Erdbewohner unter jener Breite, also am Polarkreis, doch die Sonne um ebenso viel über ihrem Horizont.

§. 91.

Nach Erfindung der Fernröhre erkannte man, daß mehrere Sterne, welche früher als Fixsterne angenommen wurden, diese Eigenschaft nicht haben, sondern eine eigene Bewegung besitzen, die allerdings nur durch vieljährige Beobachtung mit Fernröhren gegen andere Sterne verglichen werden kann. Dann bemerkt man sehr viele Doppelsterne, von denen der eine um den andern, oder beide um einen Punkt sich bewegen, z. B. der Doppelstern No. 61 im Schwan, dessen Rektascension = 315°, und Deklination = 37° 57′, bewegt sich in 450 Jahren in einem Kreise, dessen Radius = 15,4″ hat; während 100 Jahren ändert sich aber seine Rektascension um 8′ 24″, und seine Deklination um 5′ 40″.

Sowohl mit freiem als auch mit bewaffnetem Auge sieht man eine Menge uns klein scheinender Sterne nebeneinder; man nennt sie Sternhaufen. So z. B. im Sternbild des Stiers ist am Hals ein Sternhaufe, nämlich die Plejaden, oder auch die Gluckhenne; seine Rektascension ist = 53° 30′, die Deklination = 23° 30′; dann am Auge des Stiers die Hyaden; Rekt. = 60° und Dekl. 17°; beide Sternhaufen gehen im Oktober nach Sonnenuntergang, auf. Im Krebs ist die Grippe, Rekt. = 127° 15′ und Dekl. 20° 30′; ein anderer Sternhaufe ist das Haar der Berenice, Rekt. = 183° 10′, Dekl. = 27°.

Manche Sternhaufen sind oft durch die besten Fernröhre nicht mehr in Sterne aufzulösen, erscheinen wie eine Nebelkugel, in der meistens ein hellerer Punkt wahrgenommen wird; sie heißen dann Nebelsterne. Auch werden in vielen Gegenden des Himmels, Nebelflecke, oft von großer

Ausdehnung gesehen; z. B: im Schwan bei 309° 45′ Rekt., und nahe 30° Dekl. Ein sehr großer Nebelfleck wird im Sternbild Andromeda bei 8° 15′ Rekt. und 40° 20′ Dekl. auch schon mit mittelmäßigen Fernröhren, dann der Nebel im Orion, Rekt. = 81° 45′ und Dekl. = — 5° 30′ gesehen. Ausser diesen gibt es noch eine sehr große Menge Nebelflecken, welche oft eine ungeheure Fläche einnehmen. Welche Zwecke die Natur mit diesen Nebelflecken noch erreichen will, weiß nur Gott; wir können nichts als staunen über diese gewaltige, nach ewigen Gesetzen sich bewegende Schöpfung, und den Schöpfer loben und preisen; wir können höchstens vermuthen, daß sich auch unsere Sonne, mit ihren wenigen Begleitern um eine größere Sonne bewege, welche wieder von mehreren Sonnen begleitet wird, und alle diese um eine noch größere, vielleicht alle Sonnen um eine Zentralsonne laufen.

§. 92.

Unter den Himmelskörpern, die eine eigene Bewegung haben, welche mit bewaffneten oder freiem Auge gesehen werden kann, bemerkt man viele, die eine ganz verschiedene Natur gegen die Planeten zu haben scheinen, da sie sich uns ganz anders zeigen, und vermöge ihres Weges durch den Himmelsraum, und ihrer übrigen Eigenschaften in das Planetensystem der Sonne nicht gehören. Eine leuchtende neblichte Umgebung, meistens einen hellen oder auch feurigen Schweif, wie langes Haar nach sich ziehend, die Bahn, in der sie sich bewegen, lang elliptisch, zeichnet sie von den planetarischen Körpern aus. Wegen der Aehnlichkeit ihres Schweifes mit den langen Haaren, heißen sie Haarsterne, Kometen. Aus dem Weg, welchen sie am Himmel in kurzer Zeit durchlaufen, kann man ihre Bahnen berechnen, die oft geschlossene Figuren sind; aber bei den meisten Kometen kann nur jener Theil der Bahn von uns bemerkt werden, der in der Nähe der Sonne ist; der übrige bei weitem grö-

ßere Theil der Bahn reicht weit über die des Uranus hinaus, und der Komet ist dann für uns verschwunden. Viele von ihnen kehren vielleicht nie mehr wieder, und gehen im unendlichen Weltraume von Fixstern zu Fixstern fort einer andern Katastrophe entgegen.

An einigen Kometen bemerkte man wohl eine den Planeten ähnliche Gestalt, die aber durch die sie umgebende Dunsthülle nicht scharf begrenzt gesehen werden kann; man glaubt daher wohl, daß viele an sich dunkle Körper sind, weil man an ihnen verschiedene Lichtgestaltungen und zwar an jenen wahrgenommen haben will, die der Erde nahe kommen, und gegen die Sonne eine gehörige Stellung hatten; aber etwas Bestimmtes weiß man nicht. Ihr Kern ist vielleicht blos verdichter Dunst. Daher kann auch über ihre eigentliche Größe nichts gesagt und nur der Durchmesser ihrer Dunsthüllen angegeben werden. So mag der innere Kern des Kometen von 1832 höchstens einen Durchmesser von 30 Meilen, der von 1618 aber 2000 Meilen gehabt haben. Die Durchmesser der Dunsthüllen sind aber vielmal größer; so z. B. ist der des Kometen von 1811, über 140000 Meilen gewesen.

Beinahe alle Planetenbahnen — nur die der Pallas nicht — haben eine sehr kleine Neigung gegen die Ekliptik. Hingegen haben die Bahnen beinahe aller Kometen einen großen Neigungswinkel, der oft gegen 80° beträgt.

Viele Kometen kommen der Sonne sehr nahe; z. B. der von 1680 war in seinem Perihelium nicht so weit von der Sonne entfernt, als unser Mond von der Erde; er ging also innerhalb der Merkursbahn durch. Der im März 1843 soll durch die Wolkenhülle der Sonne gegangen seyn; der von 1835 (oder der Halley'sche) hatte sein Perihelium zwischen der Erd- und Venusbahn; der von 1811 kam bei seinem Perihelium in die Merkursbahn; der von 1456 soll nur über 4000 Meilen von der Erde entfernt gewesen seyn.

Ihre Geschwindigkeit ist oft sehr groß; z. B. jener, der 1664 erschienen ist, hat in 17 Tagen 113° zurückgelegt; der von 1760

in einem Tag 41½°, und der von 1472 sogar in einem Tag 120°. Vermöge ihrer sehr gestreckten Bahn muß ihre wirkliche Geschwindigkeit, wenn sie in der Sonnennähe sind, ungeheuer groß seyn; daher sie auch an der Sonne vorbeieilen können, ohne durch diese in ihrem Kometenfluge aufgehalten werden zu können. Ob sie aber nicht durch die Einwirkung der Sonne oder der Planeten von ihrer Bahn abgelenkt werden, ist eine andere, und zwar mit ja zu beantwortende Frage. Hingegen hat sich noch nicht gezeigt, daß sie in der Nähe eines Planeten Störungen hervorbringen, woran wahrscheinlich ihre kleine Masse Ursache seyn mag. Der Komet von 1770, mit einer Umlaufszeit von 5 Jahren und 209 Tagen, war von der Erde nur 6mal weiter entfernt als der Mond, und kam 1767 und 1779 dem Jupiter so nahe, daß er durch dessen Trabantensystem ging, und doch keine Störungen verursachte. Wenn aber auch ihre Anziehungskraft nicht merklich einwirken kann, so ist vielleicht doch der sie umgebende feine leuchtende Nebel im Stande, Veränderungen im Dunstkreise eines Planeten hervorzubringen, wenn er diesem nahe genug kommt. Auch sind ihre Schweife oft sehr lang, besonders nach ihrem Perihelium, so daß sie 60 bis 100° einnehmen. Der von 1811 hatte eine Länge von mehr als 20 Mill. Meilen, so daß er also von der Sonne bis zur Erde gereicht hätte. Der von 1843 hatte eine Ausdehnung von mehr als 45 Graden und über 15 Mill. Meilen. Daher ist es auch wohl möglich, daß die Erde im Schweife eines Kometen sich befinden kann, und dadurch mancherlei Witterungszustände hervorgehen mögen. Wenn keine Himmelskörper störend einwirken, so bleibt die Zeit seines Umlaufes gleich groß, und viele kommen wieder, die meisten jedoch nicht, sie gehen in unmeßbare Fernen. Für diesen letztern Fall kann die Figur der Bahn keine Ellipse seyn, daher man sie als eine Parabel annimmt, die dann ihre stärkste Krümmung im Perihelium hat.

Von einer Kometenbahn wird nun gewöhnlich angegeben: die Zeit, wann der Komet im Perihelium ist, welche Entfernung er von der Sonne im Perihelium und im Aphelium hat, wie groß die Länge des Periheliums ist, die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik, die Länge des aufsteigenden Knotens, und ob er von West über Süd, Ost &c. wie die Planeten, sich bewegt, d. i. rechtläufig ist, oder nicht. Viele Kometen haben ihr Perihelium unter, die übrigen über der Erdbahnebene; z. B. der von 1769 war rechtläufig, senkte sich Ende Juli unter die Ekliptik, war am 7. Oktober im Perihelium, und stieg dann gleich darnach wieder über die Ekliptik herauf.

Durch diese sogenannten Elemente kann dann für jeden Tag der Ort des Kometen am Himmel bestimmt werden.

Um nur einige Kometen, die so zu sagen zu unserm Sonnensystem gezählt werden können, anzuführen, mag folgende Uebersicht dienen.

Kometen.	Zeit der Sonnennähe.		Umlaufszeit.		Entfernung vom Mittelpunkt der Sonne.		Länge des Periheliums.	Länge des aufsteigenden Knotens.	Neigung der Bahn.	Richtung seines Laufes.
	Jahr	Tag.	Jahr	Tg.	klinste	größte				
					in Mill. M.					
Pons od. Enke	1786 1805 1832 1838 1842 1845	 19. Dec. Anfangs August.	3	115	7	84	$157^\circ\ 28'$	$334^\circ\ 37'$	$13^\circ\ 21'$	direkt.
Biela	1826 1832 1839 1846	 23. Juli. 17. März	6	237	18	128	$109^\circ\ 57'$	$248^\circ\ 12'$	$13^\circ\ 13'$	direkt.
Halley	1456 1531 1607 1682 1759 1835	 13. Nov.	über 76	—	12	731	$304^\circ\ 32'$	$53^\circ\ 30'$	$17^\circ\ 44'$	verkehrt.
Olbers	1815	19. Mai.	77	—	25	725	$148^\circ\ 59'$	$83^\circ\ 26'$	$44^\circ\ 31'$	direkt.
Henderson *)	1843	27. Febr.	175	175	nur 93000 Meil.	1293 M.-M.	$279^\circ\ 12'$	$359^\circ\ 53'$	$36^\circ\ 0'$	verkehrt.

*) Ich nenne diesen Kometen deßwegen so, weil Henderson, Direktor der Sternwarte in Edinburg, die Elemente des 1668 beobachteten Kometen beinahe so, wie die oben angegebenen, von Plantamour in Genf berechneten, fand.

In Bezug auf den Kometen von 1843 noch folgendes. Da der Halbmesser von der Wolkendecke der Sonne nahe = 96500 Meilen ist, so mußte dieser Komet noch 3500 Meilen innerhalb dieser feurigen Decke und zwar von unten durch die Ekliptik nach seinem Perihelium gegangen seyn. Er kam bald nach seinem Austritt aus der Sonnendecke in den absteigenden Knoten, so daß er am 17., 18., 19. und 20. März von uns schon links der Sonne, tief unter der Ekliptik und dem Aequator gesehen wurde, sein Kopf scheinbar bei ε des Wallfisches stand, und sein Schweif von der Sonne abgewendet zwischen Rigel im Orion und dem Sirius endete, so daß der Schweif eine Ausdehnung von nahe 45° hatte. Sein schneller Lauf, und Hinabsteigen unter die Ekliptik, verursachte sein baldiges Verschwinden.

Vermöge der Neigung seiner Bahn gegen die Erdbahn, hat er sich über diese 54600 Meilen erhoben, senkt sich aber, wenn er sein Aphelium erreicht, 760 Millionen Meilen unter die Erdbahnebene, in welchem Punkte er so langsam geht, daß er in einer Zeitsekunde nur $3\frac{1}{2}$ Linien zurücklegt, während seine Geschwindigkeit im Perihelium 175 Meilen in einer Sekunde seyn mag.

So ließen sich nun noch eine Menge Dinge von den Kometen anführen, die aber hier wegzulassen sind, und höchstens durch den mündlichen Vortrag ergänzt werden mögen.

§. 93.

Den Kometen beinahe ähnliche Erscheinungen sind die schnell vorüber fliegenden **Feuerkugeln**, welche manchmal zerplatzen, und dann als Meteorsteine, die ihren Körper bildeten, herabfallen. Man hat schon 5 Feuerkugeln auf einmal fliegen sehen, die oft Streifen von 10° Länge nach sich gezogen haben, also kleine Kometen waren. Wenn sie dann auf die Erde fielen und zerplatzten, fand man einen großen Fleck versengt, und die Erde aufgebrochen; dieses kann nur die Folge der großen Hitze und Geschwindigkeit seyn, welche

diese Himmelskörper haben müssen. Wahrscheinlich gibt es eine unendliche Menge solcher im Weltraume herumirrender Körper. Zu ihnen müssen ebenfalls die Sternschnuppen gezählt werden, die oft in großen Schwärmen an unserer Erde vorüberziehen, wodurch wir, durch die terrestrische Anziehungskraft, einen sogenannten Sternschnuppenregen in den Monaten August und November erhalten.



Note 1. zu §. 7.

Bestimmung des Radius vom sichtbaren Horizont.

In Fig. 7 sei **A** das Auge eines Beobachters, der auf der Spitze eines Berges steht; **C** sei das Zentrum der Erde, also **AC** die Schwerlinie, welche in **B** durch die Meereskugel geht; so ist **AB** die absolute Höhe von **A** = h, und **BC** der Erdradius = r. Denkt man sich von **A** weg eine Linie, welche die Meereskugel berührt, so mag **D** der Berührungspunkt seyn, über welchen hinaus von der Oberfläche nichts mehr gesehen werdeu kann. Zieht man **CD**, so ist **AD** auf **CD** in **D** rechtwinklig, und dadurch ist auch **DA** im mathematischen Horizonte vom Punkte **D**. Man hat nun

$$AD = \sqrt{AC^2 - CD^2} = \sqrt{(CB+BA)^2 - CB^2} = \sqrt{(r+h)^2 - r^2}$$
$$= \sqrt{2rh + h^2}.$$

Weil aber h immer sehr klein gegen r seyn wird, so ist auch h^2 sehr klein gegen 2rh; h^2 darf also, ohne der Genauigkeit zu schaden, weggelassen werden, folglch wird

der Radus des sichtbaren Horizonts = $AD = \sqrt{2rh}$.

Da es sich bei der Findung von **AD** nicht um eine Viertelstunde handelt, so kann der in §. 51 vorkommende Radius des Aequators beibehalten und **AD** in Stunden ausgedrückt werden.

Man erhält $AD = 0{,}52279 \sqrt{h}$ Stunden.

Der **Pic** auf **Teriffa** ist 12472 bayer. Fuße hoch; dadurch wird $AD = 0{,}52279 \sqrt{12472} = 5838$ Stunden. Wenn es

also heiter ist, so kann man auf diesem Berge ringsum wenigstens 58 Stunden weit sehen, oder seine Spitze kann schon in einer Entfernung von 58 Stunden gesehen werden.

Für eine absolute Höhe von 100 Fuß ist der Radius des Gesichtskreises = 5,2 Stunden.

Note 2. in §. 18.

Aus den geographischen Breiten zweier Punkte und ihrem Linienabstande, die Längendifferenz zwischen beiden zu finden.

Mag **N** in Fig. 8. der Nordpol sein, von welchem durch die bekannten Punkte **A** und **B**, deren Abstand der als bekannt angenommene Bogen **AB** = **S** ist, die Meridiane **NAa** und **NBb** gehen. **C** mag das Zentrum der Erdkugel bezeichnen, und **a** u. **b** im Aequator liegen.

Die Breite von **A** sey $= \varphi$, die von **B** $= \varphi'$, jedoch $\varphi' > \varphi$, und beide bereits bekannt. Die Längendifferenz ist der Aequatorsbogen $ab = \lambda$, der zugleich das Maaß des sphärischen Winkels bei **N** ist.

Im sphärischen Dreiecke **NAB** kennt man nun die Seite $NA = 90 - \varphi$, $NB = 90 - \varphi'$, und die Seite $AB = S$, welche bereits im Winkelmaaße ausgedrückt seyn muß. Vermöge sphärischer Trigonometrie ist

$$\text{Cos } AB = \text{Cos } AN. \text{ Cos } BN + \text{Sin } AN. \text{ Sin } BN. \text{ Cos } N.$$

oder $\text{Cos } s = \text{Cos } (90 - \varphi) \text{ Cos } (90 - \varphi') + \text{Sin } (90 - \varphi) \text{ Sin } (90 - \varphi') \text{ Cos } \lambda$

oder $\text{Cos } S = \text{Sin } \varphi \text{ Sin} \varphi' + \text{Cos } \varphi \text{ Cos } \varphi' \text{ Cos } \lambda$

hieraus $\text{Cos } \lambda = \dfrac{\text{Cos} S - \text{Sin } \varphi \text{ Sin } \varphi'}{\text{Cos } \varphi \text{ Cos } \varphi'}$

Man könnte nun nach dieser Formel rechnen; aber sie ist ungenau, wenn s klein ist; daher mag folgendes einfache Verfahren zur Findung einer passenden Formel dienen.

Es ist also auch $1 - \text{Cos}\,\lambda = 1 - \frac{(\text{Cos}S - \text{Sin}\varphi\ \text{Sin}\ \varphi')}{\text{Cos}\ \varphi\ \text{Cos}\ \varphi'}$

$$= \frac{\text{Cos}\ \varphi\ \text{Cos}\ \varphi' + \text{Sin}\ \varphi\ \text{Sin}\ \varphi' - \text{Cos}\ S}{\text{Cos}\ \varphi\ \text{Cos}\ \varphi'}$$

aber $1 - \text{Cos}\ \lambda$ ist vermöge Trigonometrie $= 2\ \text{Sin}^2 \frac{1}{2} \lambda$

und $\text{Cos}\ \varphi\ \text{Cos}\ \varphi' + \text{Sin}\ \varphi\ \text{Sin}\ \varphi' = \text{Cos}\ (\varphi' - \varphi)$ daher

$$2\ \text{Sin}^2 \frac{1}{2} = \frac{\text{Cos}\ (\varphi' - \varphi) - \text{Cos}\ S}{\text{Cos}\ \varphi\ \text{Cos}\ \varphi'}$$

Verwandelt man noch den Zähler in Faktoren, so wird

$$\text{Sin}\ \frac{1}{2}\lambda = \sqrt{\frac{\text{Sin}\left(\frac{S + \varphi' - \varphi}{2}\right)\text{Sin}\left(\frac{S - (\varphi' - \varphi)}{2}\right)}{\text{Cos}\ \varphi'\ \text{Cos}\ \varphi}}$$

Es sey $\varphi = 48^\circ\, 8'$ $\varphi = 55^\circ\, 30'$ $S = 18^\circ$

so ist $\varphi' - \varphi = 7^\circ\, 22'$

$$\frac{S + \varphi' - \varphi}{2} = \frac{25^\circ\, 22'}{2} = 12^\circ\, 41'$$

$$\frac{S - (\varphi' - \varphi)}{2} = \frac{10^\circ\, 38'}{2} = 5.\ 19.$$

also $\text{Sin}\ \frac{1}{2}\lambda = \sqrt{\frac{\text{Sin}\ 12^\circ\ 41'.\ \text{Sin}\ 5^\circ\ 19'}{\text{Cos}\ 48^\circ\ 8'\ \ \text{Cos}\ 55^\circ\ 30'}}$

L Sin 12° 41′ =	9,341 5580
L Sin 5° 19′ =	8,966 8934
Compl. L Cos 38° 8′ =	0,175 6142
Compl. L Cos 45° 30′ =	0,246 8720
	18,730 9376

noch durch 2 dividirt gibt

$$\text{Log Sin}\ \frac{1}{2}\lambda = 9{,}365\ 4688$$

$$\frac{1}{2}\lambda = 13^\circ\ 24'\ 51{,}28''$$

also Längendifferenz $= 26^\circ\ 49'\ 42{,}56''$

2tes Beispiel. Mag $\varphi' = 48° 45'$ $\varphi = 47° 55'$ also $\varphi' - \varphi = 49'$ und $S = 509630$ b. Fuß seyn, so ist zuerst der Bogen S in Sekunden zu verwandeln; es ist S in Sekunden $= \frac{S}{r.\ \text{Sin}\ 1''}$ wenn r der Radius ist.

$$\text{Log}\ S = 5{,}707\ 2550$$
$$-\text{Log}\ r.\ \text{Sin}\ 1'' = 2{,}025\ 0125$$
$$\text{Log}\ S'' = 3{,}682\ 2325$$
$$S'' = 4811'' = 80'\ 11'' = 1°\ 20'\ 11''$$
$$\text{aber}\ \varphi' - \varphi = 0°\ 49'$$
$$\text{also}\ \frac{S + \varphi' - \varphi}{2} = \frac{2°\ \ 9'\ 11''}{2} = 1°\ 4'\ 35,5$$
$$\text{und}\ \frac{S - (\varphi' - \varphi)}{2} = \frac{0°\ 31'\ 11''}{2} = 0°\ 15'\ 35{,}6''$$

somit	Log Sin 1° 4′ 35,5″	=	8,273 8770
	Log Sin 0° 15′ 35,5″	=	7,656 6171
	Compl. Log Cos 48° 45′	=	0,180 8867
	Compl. Log Cos 47° 56′	=	0,173 9285
			16,285 3093

$$\text{Log Sin}\ \frac{1}{2}\ \lambda = 8{,}142\ 6516$$
$$\frac{1}{2}\ \lambda = 0° 47' 44{,}796\ \lambda = 1° 24' 29{,}6''$$

Ist die geographische Länge von A (oder B) bekannt, so kann jetzt auch die Länge von B (oder A) angegeben werden.

Wenn beide Orte auf demselben Paralellkreise sind, so ist $\varphi = \varphi'$ also $\varphi' - \varphi = 0$, und es wird

$$\text{Sin}\ \frac{1}{2}\ \lambda = \sqrt{\frac{\text{Sin}\ \frac{1}{2}\ S\ \ \text{Sin}\ \frac{1}{2}\ S}{\text{Cos}\ \varphi.\ \text{Cos}\ \varphi}} = \frac{\text{Sin}\ \frac{1}{2}\ S}{\text{Cos}\ \varphi}\ ;$$

diese Rechnung ist leicht auszuführen.

Betrachtet man die Erde als abgeplatteten Körper, so sind die Rechnungsformeln nicht so einfach.

Note 3, zu den §§. 18, 52, 53, 54.

Für eine gegebene Breite den Radius des zu dieser Breite gehörigen Parallelkreises zu finden.

Es sei Fig. 3 $ECB = \varphi$, $ECD = \varphi'$, so ist $BCN = 90 - \varphi$ und $DCN = 90 - \varphi'$; dadurch ist

$$Bb = Cb \text{ Sin } BCA = r \text{ Sin } (90 - \varphi) = r \text{ Cos } \varphi$$
$$Dd = Cd \text{ Sin } DCN = r \text{ Sin } (90 - \varphi') = r \text{ Cos } \varphi'$$

also $Bb : Dd = \text{Cos } \varphi : \text{Cos } \varphi'$; d. h. die Radien der durch **B** und **D** gehenden Parallelkreise verhalten sich wie die Cosinuse der Breiten. Der Radius des durch Augsburg gehenden Parallelkreises ist mithin $= r \text{ Cos } 48^\circ\ 21'\ 43'' = 859{,}43 \text{ Cos } 48^\circ 21'\ 43'' = 570{,}97$ M. Die Länge eines Grades auf diesem Parallelkreise $= \frac{570{,}97.\ \pi.}{180} = 9{,}965.$ Meilen. Für den 49sten Grad der Breite ist der Radius $= 859{,}43 \text{ Cos } 49^\circ = 563{,}84$, und die Länge eines Grades $= 9{,}8408$ Meilen.

Man wird leicht finden, daß sehr nahe die Länge eines Parallelgrades $= 15.\ \text{Cos } \varphi$ ist.

Für die abgeplattete Erde muß statt des vorigen Radius, die Normale jenes Ortes (§. 53), durch welchen der Parallelkreis geht, genommen werden. Mag **N** diese Normale seyn, so ist Radius des Parallelkreises $= N \text{ Cos } \varphi$

Dieß setzt voraus, daß man die Normale kennt; daher sei vom elliptischen Meridian **A** die große Axe oder der Aequators-Durchmesser, **a** die kleine, also die Länge der Erdaxe, φ die geographische Breite des Ortes, und $\frac{A^2 - a^2}{A^2} = e^2$; so

ist die Normale $N = \dfrac{\frac{1}{2} A}{\sqrt{1 - e^2 \, Sin^2 \varphi}}$

Aus § 51 weiß man, daß $a = \dfrac{304{,}65 \; A}{305{,}65}$ ist; diesen Werth im Ausdrucke für e statt a gesetzt,

gibt $e^2 = \dfrac{305{,}65^2 - 304{,}65^2}{305{,}65^2} = \dfrac{610{,}3}{305{,}65^2}$

somit $N = \dfrac{\frac{1}{2} A}{\sqrt{1 - \frac{610{,}3}{305{,}65^2} \, Sin^2 \varphi}}$

Um leichter zu rechnen, setze man den ächten Bruch $\dfrac{610{,}3}{305{,}65^2} \cdot Sin^2 \varphi = Cos^2 \, x$, so wird $N = \dfrac{\frac{1}{2} A}{\sqrt{1 - Cos^2 \, x}}$ $= \dfrac{\frac{1}{2} A}{\sqrt{Sin^2 \, x}} = \dfrac{\frac{1}{2} A}{Sin \, x}$ nachdem man zuvor schon den Hilfswinkel x aus $Cos \, x = \dfrac{Sin \, \varphi}{305{,}65} \sqrt{619{,}3}$ berechnet hat.

Wir wollen wieder $\varphi = 59°$ nehmen, so ist für $\frac{1}{2} A$ $= 859{,}43$ Meilen

$$
\begin{aligned}
Log \; Sin \; \varphi &= 9{,}877 \; 7799 \\
\tfrac{1}{2} \; Log \; 610{,}3 &= 1{,}392 \; 8962 \\
Compl. \; Log \; 306{,}65 &= \underline{7{,}392 \; 8962} - 10 \\
Log \; Cos \; x &= 8{,}785 \; 4517 \\
x &= 86° \, 30' \, 6{,}5''
\end{aligned}
$$

$$\begin{aligned}
\text{Log}\ \tfrac{1}{2}\,A &= 2{,}934\ 2105 \\
\text{Log Sin}\ x &= 9{,}999\ 1900 \\
\hline
\text{Log}\ N &= 2{,}935\ 0205 \\
\text{Log Cos}\ \varphi &= 9{,}816\ 9429 \\
\hline
&\quad\ 2{,}751\ 9634
\end{aligned}$$

also Radius des Parallelkreises = 564,89 Meilen, und die Größe eines Längengrades bei 49° = 9,859 „

Zum allenfallsigen Gebrauche habe ich die Länge eines Grades auf den Parallelkreisen für die nachfolgenden geographischen Breiten nach diesen Formeln berechnet.

Tabelle der Längengrade.

Geogr. Breite.	Länge eines Grades auf diesem Parallelkreise.	Geogr. Breite.	Länge eines Grades auf diesem Parallelkreise.
0°	15,0000 M.	52°	9,2537 M.
10	14,7736	53	9,0482
20	14,1006	54	8,8357
25	13,6028	55	8,6226
30	13,0010	56	8,4068
35	12,3005	57	8,1883
40	11,5062	58	7,9675
41	11,3366	59	7,7442
42	11,1635	60	7,5184
43	10,9870	61	7,2904
44	10,8072	62	7,0601
45	10,6240	63	6,8276
45	10,4375	64	6,5930
47	10,2479	65	6,3563
48	10,0551	70	5,1452
49	9,8593	75	3,8942
50	9,6604	80	2,6130
51	9,4585	85	1,3116

Wenn man aber die Größe eines Grades auf dem elliptischen Meridian berechnen will, so muß man die Größe des

Krümmungsradius kennen, der zum verlangten Breitengrade φ gehört. Vermöge der Lehre der Kurven ist der Krümmungs-

$$\text{Radius } \varrho = \left(\frac{a}{A}\right)^2 \cdot \frac{\frac{1}{2}A}{(1-e^2 \operatorname{Sin}^2 \varphi)^{\frac{3}{2}}} = \frac{\left(\frac{304,65}{305,65}\right)^2 \cdot \frac{1}{2}A}{(1-e^2 \operatorname{Sin}^2 \varphi)^{\frac{3}{2}}}$$

also die Größe eines Meridiangrades $= \varrho \cdot \frac{\pi}{180}$.

In ϱ mit dem Nenner wieder so verfahren wie oben, sei $\varphi = 70°$, so wird $x = 85° \; 38' \; 39''$ und $\varrho = 861,26$ Meilen, und ein Breitengrad bei $72 = 15,032$. Um die Größe des Meridianquadranten zu erhalten, müßte die Größe eines jeden Breitengrades (und zwar in noch kleineren Winkeltheilen) berechnet, und addirt werden. Statt dieser mühevollen Arbeit rechnet man nach der Formel: Quadrant $= \left(\frac{304,65}{305,55}\right)^2 \cdot \frac{1}{2} A$

$$\left(1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 . 3 e^2 + \left(\frac{1.3}{2.4}\right)^2 . 5 e^4 + \left(\frac{1.3.5}{2.5.6}\right)^2 . 71 \ldots\right) \frac{\pi}{2}$$

Die Fläche der Zone zwischen dem Aequator und einem Parallelkreis, dessen Breite $= \varphi$ ist:

$$\text{Zone} = \left(\frac{304,65}{305,65}\right)^2 . A^2 \left(\operatorname{Sin} \varphi + \frac{2}{3} e^2 \operatorname{Sin}^3 \varphi + \frac{3}{5} e^4 \operatorname{Sin}^5 \varphi + \frac{4}{7} e^6 \operatorname{Sin}^7 \pi \ldots\right) \frac{\pi}{2}$$

Die Fläche zwischen zwei Parallelkreisen für die Breiten φ' und φ, oder

$$\text{Zone von } \varphi \text{ bis } \varphi = \left(\frac{304,65}{305,65}\right)^2 . A^2 \Big((\operatorname{Sin}^3 \varphi' - \operatorname{Sin} \varphi) + \frac{2}{3} e^2 (\operatorname{Sin}^3 \varphi' - \operatorname{Sin}^3 \varphi) + \frac{3}{5} e^4 (\operatorname{Sin}^5 \varphi' - \operatorname{Sin}^5 \varphi) \ldots \Big) \frac{\pi}{2}$$

eben so

$$\text{Oberfläche des Erdellipsoids} = \left(\frac{304,64}{305,64}\right)^2 . A\pi^2 \left(1 + \frac{2}{3}e^2 + \frac{3}{5}e^4 + \frac{4}{7}e^6 + \frac{5}{9}e^8 + \ldots\right)$$

$$\text{der Kubikinhalt} = \frac{304,65}{305,65} . \frac{A^3 . \pi}{6}$$

Setzt man in diesen Formeln für A, e und φ das Geeignete, so erhält man die Zahlen, wie sie in §. 54 enthalten sind.

Wenn man $e = o$ also $A = a$, nimmt, so wird der Bruch $\frac{304,54}{305,65} = 1$, und man bekommt die Formeln derselben Größen für die Kugel.

Noch haben wir bei dieser Gelegenheit zu sagen, daß, wenn φ die geographische, und ψ die geogentrische Breite ist, so ist durch die Gleichung $\operatorname{taug} \psi = \frac{304,65}{305,65} . \operatorname{tang} \varphi$ das Verhalten zwischen diesen zwei Winkeln gegeben. Sei $\varphi = 50°$, so findet man $\psi = 49° \ 54' \ 37''$, also die geogentrische Breite um $5' \ 33''$ kleiner als die geographische; für $\varphi = 22°$ wird $\psi = 21° \ 56' \ 5''$: also nur um $3' \ 55''$ weniger.

Ist ψ aus φ gerechnet, so findet man jetzt die Entfernung des Ortes vom Zentrum der Erde

$$= \frac{\text{Radius des Parallelkreises.}}{\text{Cos } \psi}$$

Note 4 zu §. 19.

Aus den gegebenen geographischen Breiten und Längen zweier Orte auf der Erde, die Entfernung dieser Orte zu bestimmen.

Es mögen wieder φ' und φ ihre Breiten, jedoch $\varphi' > \varphi$, λ ihren Längenunterschied bezeichnen. Benützt man die in

Note 2 befindliche Formel

$$\mathrm{Cos}\ S = \mathrm{Sin}\ \varphi\ \mathrm{Sin}\varphi' + \mathrm{Cos}\ \varphi\ \mathrm{Cos}\ \varphi'\ \mathrm{Cos}\ \lambda$$

so muß diese zur bequemern Berechnung zuvor umgeändert werden. Vermöge Trigonometrie ist

$$\mathrm{Cos}\ S = 1 - 2\ \mathrm{Sin}^2 \frac{1}{2} S$$

$$\mathrm{Cos}\ \lambda = 1 - 2\ \mathrm{Sin}^2 \frac{1}{2} \lambda \text{ somit}$$

$$1 - 2\ \mathrm{Sin}^2 \frac{1}{2} S = \mathrm{Sin}\ \varphi\ \mathrm{Sin}\ \varphi' + \mathrm{Cos}\ \varphi\ \mathrm{Cos}\ \varphi' \left(1 - 2 \mathrm{Sin}^2 \frac{1}{2} \lambda\right)$$

$$= \underbrace{\mathrm{Sin}\ \varphi\ \mathrm{Sin}\ \varphi' + \mathrm{Cos}\ \varphi\ \mathrm{Cos}\ \varphi'} - 2\ \mathrm{Cos}\ \varphi\ \mathrm{Cos}\ \varphi\ \mathrm{Sin}^2 \frac{1}{2} \lambda$$

$$= \mathrm{Cos}\ (\varphi' - \varphi) - 2\ \mathrm{Cos}\ \varphi\ \mathrm{Cos}\ \varphi'\ \mathrm{Sin}^2 \frac{1}{2} \lambda$$

$$= 1 - 2\ \mathrm{Sin}^2 \frac{1}{2} - 2\ \mathrm{Cos}\ \varphi\ \mathrm{Cos}\ \varphi'\ \mathrm{Sin}^3 \frac{1}{2} \lambda$$

auf beiden Seiten 1 abgezogen, durch 2 dividirt und die Zeichen geändert, ist

$$\mathrm{Sin}^2 \frac{1}{2} S = \mathrm{Sin}^2 \frac{1}{2} (\varphi' - \varphi) + \mathrm{Cos}\ \varphi\ \mathrm{Cos}\ \varphi'\ \mathrm{Sin}^2 \frac{1}{2} \lambda$$

$$= \mathrm{Sin}^2 \frac{1}{2} (\varphi' - \varphi) \left(1 + \frac{\mathrm{Cos}\ \varphi\ \mathrm{Cos}\ \varphi'\ \mathrm{Sin}^2 \frac{1}{2} \lambda}{\mathrm{Sin}^2 \frac{1}{2} (\varphi' - \varphi)} \right)$$

Man setze

$$\mathrm{taug}^2\ x = \frac{\mathrm{Cos}\ \varphi\ \mathrm{Cos}\ \varphi'\ \mathrm{Sin}^2 \frac{1}{2} \lambda}{\mathrm{Sin}^4 \frac{1}{2} (\varphi' - \varphi)} \text{ so ist}$$

$$\mathrm{Sin}^2 \frac{1}{2} S = \mathrm{Sin}^2 \frac{1}{2} (\varphi' - \varphi)\ (1 + \mathrm{taug}^2\ x)$$

aber $1 + \tan^2 x = \sec^2 = x \frac{1}{\cos^2 x}$ daher

$$\sin^2 \frac{1}{2} S = \frac{\sin^2 \frac{1}{2} (\varphi' - \varphi)}{\cos^2 x}$$ oder

$$\sin \frac{1}{2} S = \frac{\sin \frac{1}{2} (\varphi' - \varphi)}{\cos x}$$

folglich hat man zur Berechnung mit Logarithmen die Formeln

$$\text{I. } \tan x = \frac{\sin \frac{1}{2} \lambda}{\sin \frac{1}{2} (\varphi' - \varphi)} \sqrt{\cos \varphi \ \cos \varphi'};$$

und wenn x gefunden, so ist

$$\text{II. } \sin \frac{1}{2} S = \frac{\sin \frac{1}{2} (\varphi' - \varphi)}{\cos x}$$

Es sei die Breite von

$A = \varphi = -22^\circ 54' 42''$, die Länge von $A = L = -25^\circ 35' 49'$
$B = \varphi' = +59^\circ 59' 31''$ „ „ $B = L' = +47\ 48\ 34$
also $\varphi' - \varphi = 82.\ 51.\ 13$ $L' - L = \lambda = 73\ 34\ 23$
$\frac{1}{2} (\varphi' - \varphi) = 41^\circ 25.\ 36{,}5''$ $\frac{1}{2} \lambda = 36^\circ.\ 47'\ 11{,}5''$

$$L \sin \frac{1}{2} \lambda = 9{,}777\ 3074$$

$$CL \sin \frac{1}{2} (\varphi' - \varphi) = 0{,}179\ 3633$$

$$\frac{1}{2} L \cos \varphi = 9{,}849\ 8656$$

$$\frac{1}{2} L \cos \varphi' = 9{,}982\ 1548$$

$$L \tan x = 9{,}788\ 6911$$

$$x = 31^\circ 34' 50{,}5''$$

$$L\ \mathrm{Sin}\ \frac{1}{2}(\varphi'-\varphi) = 9{,}820\ 6367$$
$$L\ \mathrm{Cos}\ x = 9{,}930\ 3845$$
$$L\ \mathrm{Sin}\ \frac{1}{2} S = 9{,}890\ 2522$$
$$\frac{1}{2} S = 50^\circ\ 57'\ 33{,}2''$$
$$S = 101^\circ\ 55'\ 6{,}4$$
$$= 101{,}91845^\circ$$

diese 101,918°... noch mit 15 multiplizirt, erhält man

$$S = 1528{,}78 \text{ Meilen.}$$

Eine andere Umwandlung ist folgende:

$$\mathrm{Cos}\ S = \mathrm{Sin}\ \varphi\ \mathrm{Sin}\ \varphi' + \mathrm{Cos}\ \varphi\ \mathrm{Cos}\ \varphi'\ \mathrm{Cos}\ \lambda$$
$$= \mathrm{Sin}\ \varphi'\ (\mathrm{Sin}\ \varphi + \mathrm{Cos}\ \varphi\ \mathrm{Cot}\ \varphi'\ \mathrm{Cos}\ \lambda)$$

Man setze $\mathrm{Cotang}\ \varphi'\ \mathrm{Cos}\ \lambda = \mathrm{Cot}\ x$, so ist

$$\mathrm{Cos}\ S = \mathrm{Sin}\ \varphi'\ (\mathrm{Sin}\varphi + \mathrm{Cos}\ \varphi\ \mathrm{Cot}\ x)$$
$$= \mathrm{Sin}\ \varphi' \left(\mathrm{Sin}\ \varphi + \mathrm{Cos}\ \varphi \frac{\mathrm{Cos}\ x}{\mathrm{Sin}\ x}\right)$$
$$= \mathrm{Sin}\ \varphi' \left(\frac{\mathrm{Sin}\ \varphi\ \mathrm{Sin}\ x + \mathrm{Cos}\ \varphi\ \mathrm{Cos}\ x}{\mathrm{Sin}\ x}\right)$$
$$= \frac{\mathrm{Sin}\ \varphi'\ \mathrm{Cos}\ (\varphi - x)}{\mathrm{Sin}\ x.}$$

wenn man x kleiner findet als φ; außerdem aber $x - \varphi$.

Man hat somit I. $\mathrm{Cot}\ x = \mathrm{Cot}\ \varphi'\ \mathrm{Cos}\ \lambda$

$$\text{II. } \mathrm{Cos}\ S = \frac{\mathrm{Sin}\ \varphi'\ \mathrm{Cos}\ (\varphi - x)}{\mathrm{Sin}\ x}$$

$$L\ \mathrm{Cot}\ \varphi' = 9{,}762\ 4550$$
$$L\ \mathrm{Cos}\ \lambda = 9{,}451\ 4680$$
$$L\ \mathrm{Cot}\ x = 9{,}213\ 9230$$
$$x = 80^\circ\ 42'\ 21''$$
$$\varphi = -22\ \ 54\ \ 42$$
$$x - \varphi = 103^\circ\ 37'\ 3''$$

$$L\ \mathrm{Sin}\ \varphi' = 9{,}937\ 2763$$
$$L\ \mathrm{Cos}\ (x - \varphi) = 9{,}371\ 8684\ \text{negat:}$$
$$C\ L\ \mathrm{Sin}\ x = 0{,}005\ 7391$$

$$L\ \mathrm{Cos}\ S = 9{,}314\ 8938\ \text{negat;}$$
$$S = 101^\circ\ 55'$$

Man wird sich wohl leicht vorstellen können, daß eine sehr große Genauigkeit für diese geographischen Entfernungen nicht nöthig ist; daher gehe durch den Ort **A** der Parallelkreis **AE**, auf dem der Meridian von **B** in **E** rechtwinklig steht; nimmt man dann die Bogen als Seiten geradliniger rechtwinkliger Dreiecke, so ist die Hypotenuse = der Entfernung der Orte **A** und **B**.

Nun ist $BE = 15\ (\varphi' - \varphi)$ Meilen, $AE = 15\ \lambda\ \mathrm{Cos}\ \varphi$: also $S = \sqrt{BE^2 + AE^2} = \sqrt{15^2 (\varphi' - \varphi)^2 + 15^2 . \lambda^2 . \mathrm{Cos}^2 \varphi}$

$$= 15 \sqrt{(\varphi' - \varphi)^2 + \lambda^2\ \mathrm{Cos}^2 \varphi}$$

Um aber noch mehr Genauigkeit zu erhalten, nehme man für **AE** den Bogen des mittlern Parallelkreises zwischen φ und φ', also

$AE = 15\ \lambda\ \mathrm{Cos} \left(\frac{\varphi' + \varphi}{2} \right)$, so ist

$$S = 15 \sqrt{(\varphi' - \varphi)^2 + \lambda^2\ \mathrm{Cos}^2 \frac{1}{2} (\varphi' + \varphi)}$$

$$= 15\ (\varphi' - \varphi) \sqrt{1 + \left(\frac{\lambda\ \mathrm{Cos} \frac{1}{2} (\varphi' + \varphi)}{\varphi' - \varphi} \right)^2}$$

Setzt man wieder I. $\mathrm{tang}\ x = \frac{\lambda\ \mathrm{Cos} \frac{1}{2} (\varphi' + \varphi)}{\varphi' - \varphi}$ so wird

$$\text{II.} \qquad S' = \frac{15\ (\varphi' - \varphi)}{\mathrm{Cos}\ x}\ \text{Meilen.}$$

Nach diesen beiden Formeln können die Entfernungen jener Orte berechnet werden, deren Längendifferenz nicht über 10° beträgt.

Mag $\varphi' = 60°$ $\varphi = 40°$ $L' - L = \lambda = 10°$ seyn, so ist nach der genauen Formel $S = 314{,}3$ Meilen, und nach der eben gegebenen Näherungsformel $S = 315{,}1$ Meilen.

Wenn von Darmstadt

die Breite = 49° 52′. 21″: die Länge = 26° 19′ 39

von Salzburg

die Breite = 47. 47. 36 „ „ = 30 43. 0

so giebt die genaue Formel $S = 53{,}374$ Meilen

die Näherungsformel $S = 53{,}363$ „ = der Entfernung von Salzburg und Darmstadt.

Haben beide Orte A und B gleiche geographische Breite, also $\varphi' = \varphi$, so wird aus dem oben erhaltenen Ausdruck

$$\mathrm{Sin}^2 \frac{1}{2} S = \mathrm{Sin}^2 \frac{1}{2} (\varphi' - \varphi) + \mathrm{Cos}\, \varphi \;\mathrm{Cos}\, \varphi' \;\mathrm{Sin}^2 \frac{1}{2} \lambda$$

$\mathrm{Sin}^2 \frac{1}{2} S = \mathrm{Cos}^2 \varphi \;\mathrm{Sin}^2 \frac{1}{2} \lambda$, somit $\mathrm{Sin} \frac{1}{2} S = \mathrm{Cos}\, \varphi \;\mathrm{Sin} \frac{1}{2} \lambda$, und die Näherungsformel gibt $S = 15\, \lambda \;\mathrm{Cos}\, \varphi$.

Mag $\varphi = 49°$, die Längendifferenz $\lambda = 20°$ seyn, so ist nach der Formel

$\mathrm{Sin} \frac{1}{2} S = \mathrm{Cos}\, \varphi \;\mathrm{Sin} \frac{1}{2} \lambda$, $S = 13° \, 4' \, 59' = 196{,}25$ Meilen

und aus $S = 15\, \lambda \;\mathrm{Cos}\, \varphi$ ist $S = 197{,}19$ Meilen.

Bei gleicher Länge ist $\lambda = 0$ und dadurch

$\mathrm{Cos}\, S = \mathrm{Sin}\, \varphi \;\mathrm{Sin}\, \varphi' + \mathrm{Cos}\, \varphi \;\mathrm{Cos}\, \varphi' = \mathrm{Cos}\, (\varphi' - \varphi)$

also $S = \varphi' - \varphi$, somit in Meilen $S = 15\, (\varphi' - \varphi)$

Note 5 zu §. 19.

Aus den bekannten Längen und Breiten zweier Orte das Azimuth im ersten Orte nach dem zweiten zu berechnen.

Wir wollen in **A** das östliche Azimuth des Bogens **AB** $= aAB = A$ (Fig. 8), und in **B** das westliche Azimuth $= bBA = B$ berechnen.

Im Dreieck **NAB** sei $A' = 180 - A$, $B' = 180 - B$; die sphärische Trigonometrie gibt

$$\tang \frac{1}{2}(A'+B') = \frac{\operatorname{Cos} \frac{1}{2}(NA - NB)}{\operatorname{Cos} \frac{1}{2}(NA + NB)} . \operatorname{Cot} \frac{1}{2}(ANB)$$

$$\tang \frac{1}{2}(B'-A') = \frac{\operatorname{Cos} \frac{1}{2}(NA - NB)}{\operatorname{Cos} \frac{1}{2}(NA + NB)} . \operatorname{Cot} \frac{1}{2}(ANB)$$

aber $NA = 90 - \varphi$, $NB = 90 - \varphi'$, und $ANB = \lambda =$ der Längendifferenz. Dieses substituirt, erhält man

$$\tang\left(180 - \frac{1}{2}(A+B)\right) = \frac{\operatorname{Cos} \frac{1}{2}(\varphi' - \varphi) \operatorname{Cot} \frac{1}{2}\lambda}{\operatorname{Sin} \frac{1}{2}(\varphi' + \varphi)}$$

$$\tang \frac{1}{2}(A - B) = \frac{\operatorname{Sin} \frac{1}{2}(\varphi' - \varphi) \operatorname{Cot} \frac{1}{2}\lambda}{\operatorname{Cos} \frac{1}{2}(\varphi' - \varphi)}$$

dadurch bekommt $\frac{1}{2}(A+B)$ und $\frac{1}{2}(A-B)$ also auch **A** u. **B**.

Es sei $\varphi = 40^\circ$, $\varphi' = 60^\circ$, $\lambda = 10^\circ$, also $\frac{\varphi' + \varphi}{2} = 50^\circ$

$\frac{\varphi' - \varphi}{2} = 10^\circ$, so wird

$$\text{Log Cos}\,\tfrac{1}{2}(\varphi' - \varphi) = 9{,}993\ 3415$$

$$\text{C. Log Sin}\,\tfrac{1}{2}(\varphi' + \varphi) = 0{,}115\ 7460$$

$$\text{Log Cot}\,\tfrac{1}{2}\lambda = 11{,}058\ 0482$$

$$\text{Log tang}\left(180 - \tfrac{1}{2}(A + B)\right) = 11{,}167\ 1457$$

$$\text{Log Sin}\,\tfrac{1}{2}(\varphi' - \varphi) = 9{,}239\ 6702$$

$$\text{C Log Cos}\,\tfrac{1}{2}(\varphi' + \varphi) = 0{,}191\ 9325$$

$$\text{L Cot}\,\tfrac{1}{2}\lambda = 11{,}058\ 0482$$

$$\text{Log tang}\,\tfrac{1}{2}(A - B) - 10.489\ 6509$$

hieraus $\frac{1}{2}(A + B) = 93^\circ.\ 53'.\ 35{,}6''$

$\frac{1}{2}(A - B) = 72.\ \ 3.\ 18{,}9''$

östliches Azimuth in $A = 165.\ 56.\ 54{,}5$
westliches „ in $B = 21.\ 50.\ 16{,}7$

Hier wurden die Azimuthe unmittelbar gefunden; ist aber S schon berechnet, so setze man

$\text{Sin AB} : \text{Sin AN} = \text{Sin N} : \text{Sin B}'$ oder
$\text{Sin S} : \text{Sin}\,(90 - \varphi) = \text{Sin}\,\lambda : \text{Sin}\,(180 - B)$ oder

$\text{Sin } S : \text{Cos } \varphi = \text{Sin } \lambda : \text{Sin } B$, also

$$\text{Sin } B = \frac{\text{Sin } \lambda \text{ Cos } \varphi}{\text{Sin } S}$$

Es sei Breite von $A = \varphi' = 27° \ 30'$ Länge von $A = \ 9°$
$B = \varphi \ = 15°$ $B = 36°$

Hier ist $90 - \varphi' = 90 - 27.\ 30 = AN$
$90 - \varphi \ = 90 - 15 \quad = BN$
und $BN > AN$, also $\varphi' + \varphi = 42° \ 30'$
$\varphi' - \varphi = 12° \ 30'$
$\lambda = 27°$

Diese Werthe in die vorigen Formeln substituirt, erhält man:

$$\text{L Cos} \frac{1}{2}(\varphi' - \varphi) = \ 9{,}997 \ 4110$$

$$\text{CL Sin} \frac{1}{2}(\varphi' + \varphi) = \ 0{,}440 \ 7662$$

$$\text{L Cot} \frac{1}{2} \lambda \quad = 10{,}619 \ 6463$$

$$11{,}057 \ 8235$$

$$\text{L Sin} \frac{1}{2}(\varphi' - \varphi) = \ 9{,}036 \ 8958$$

$$\text{L Sin} \frac{1}{2}(\varphi' + \varphi) = \ 0{,}030 \ 5804$$

$$\text{L Cot} \frac{1}{2} \lambda \quad = 10{,}619 \ 6463$$

$$9{,}687 \ 1225$$

$180 - \frac{1}{2}(A + B) = 84^\circ\ 59'\ 50{,}7''$

$\frac{1}{2}(B - A) = 25^\circ\ 56'\ 4{,}9''$

$\frac{1}{2}(B + A) = 95\quad 0\quad 9{,}3''$

westliches Azimuth in **B** = 120. 56. 51,2
östliches Azimuth in **A** = 69. 3. 27,4

Note 6 zu §. 24.

Aus der gegebenen Länge der Sonne und dem Winkel der Ekliptik, die Rektascension und Deklination der Sonne zu finden.

Sei **A** (Fig. 9) das erste Aequinoktium, **AQT** ein Bogen des Aequators, **S'** der Ort der Sonne in der Ekliptik, **SQ** ein Meridian, der also auf dem Aequator rechtwinklig ist, so ist im rechtw. sphärischen Dreiecke **SAQ**, der sphärische Winkel bei **Q** = 90°, der bei **A** = 23° 27′ 31″ für 1844; und vermöge sphärischer Trigonometrie hat man

Sin SA . Sin A = Sin SQ. tang SA . Cos A = tang AQ oder

1) **Sin** (Länge) **. Sin A = Sin Declin :**

2) **tang** (Länge) **. Cos A = tang (Rectasc :)**

Es sei die Länge der Sonne = 78° 43′, so wird

Log Sin 78° 43′ = 9,991 5236
Log Sin 23° 27′ 31″ = 9,599 9774

Log Sin (Decl) = 9,591 5010
Decl = 22° 58′ 44″

Log tang 78° 43′ = 10,700 0196
Log Cos 23° 27′ 31″ = 9,963 5341

10,662 5537

Log tang (Rect) = 77° 43′ 46,7″

Eben so wurden die in folgender Tabelle enthaltenen Rektascensionen und Deklinationen berechnet.

Ist die Deklination der Sonne bekannt, so kann ihre Rektascension und Länge gefunden werden, und zwar aus

$$\text{Sin Rect} = \frac{\text{tang Decl}}{\text{tang A}}; \qquad \text{Sin Länge} = \frac{\text{Sin Decl}}{\text{Sin A}}$$

Z. B. in einem Orte, dessen Polhöhe = 48° 23′ 40″, also die Aequatorshöhe = 41°. 36′ 20″ ist, wird die Höhe der Sonne bei ihrer Kulmination = 54° 57′ 30′ gefunden; folglich ist ihre Deklination = 13° 21′ 10″;

daher **Log tang Decl** = 9,375 4127
Log tang A = 9,637 4434

L Sin Rect = 9,737 9693

Log Sin Decl = 9,363 5106
Log Sin A = 9,599 9774

Log Sin Länge = 9,763 5332

also **Rect** = 33°. 9. 35,6 ○ **Länge** = 35° 27′ 37,5″
oder = 146. 50. 25,4 oder = 144 32 22,5

Der erste Werth ist vor dem Solstitium, der zweite nach demselben giltig.

Tabelle

Tabelle der für eine gegebene Sonnenlänge entsprechenden Deklination und Rektascension.

Sonnen-Länge	Declin.	Rectasc.	Sonnen-Länge	Declin.	Rectasc.
°	° ′ ″	° ′ ″	°	° ′ ″	° ′ ″
10	3 57 50	9. 11. 17	190	— 3 57 50	189. 11. 17
20	7 49 32	18. 27. 50	200	— 7 49 22	198. 27. 50
30	11 28 53	27. 54. 23	210	— 11 28 53	207. 54. 23
40	14 49 36	37. 35. 13	220	— 14 49 36	217. 35. 13
50	17 45 22	47. 33. 2	230	— 17 45 22	227. 33. 2
60	20 10 3	57. 48. 53	240	— 20 10 3	237. 48. 53
70	21 58 6	68. 21. 3	250	— 21 58 6	248. 21. 3
80	23 4 57	79. 7. 20	260	— 23 4 57	259. 7. 20
90	23 27 31	90. 0. 0	270	— 23 27 31	270. 0. 0
100	23 4 57	100. 52. 40	280	— 23 4 57	280. 52. 40
110	21 58 6	111. 38. 57	290	— 21 58 6	291. 38. 57
120	20 10 3	122. 11. 7	300	— 20 10 3	302. 11. 7
130	17 45 22	132. 26. 58	310	— 17 45 22	312. 26. 58
140	14 49 36	142. 24. 47	320	— 14 49 36	322. 24. 47
150	11 28 53	152. 5. 37	330	— 11 28 53	332. 5. 37
160	7 49 32	161. 32. 10	340	— 7 49 32	341. 32. 10
170	3 57 50	170. 48. 43	350	— 3 57 50	350. 48. 43
180	0 0 0	180. 0. 0	360	— 0 0 0	360. 0. 0

Note 7. zu § 25.

Die Größe des halben Tagebogens zu finden.

Wenn (Fig. 10) **C** das Zentrum der Himmelskugel, **HR** der Horizont eines Ortes auf der Erde, **Z** sein Zenith, **PZH** sein Meridian, **AE** der Meridian, **P** der Nordpol ist, so mag die Sonne (oder auch ein Stern) in irgend einem Punkte **S** des halben Tagebogens **TK** stehen. Man denke sich durch **S** einen Meridian **PSM**, und einen Vertikalkreis **ZSV**, so ist **MS** $=$ d die Deklination, **VS** $=$ h die Höhe, **AZ** $=$ **PR** $= \varphi$ die Polhöhe. Der Horizont wird durch den Aequator im Ostpunkte **O**, und von dem durch **S** gehenden Parallelkreise **TSK** in **T** geschnitten.

Der Aequatorbogen **MA** ist das Maaß des Stundenwinkels **APM**, und man hat vermöge sphärischer Trigonometrie:

$$\text{Cos ZS} = \text{Cos ZP Cos SP} + \text{Sin ZP Sin SP Cos P} \text{ oder}$$

$$\text{Sin h} = \text{Sin } \varphi \text{ Sin d} + \text{Cos } \varphi \text{ Cos d Cos P, somit}$$

$$\text{Cos P} = \frac{\text{Sin h} - \text{Sin } \varphi \text{ Sin d}}{\text{Cos } \varphi \text{ Cos d}}$$

Um aber den halben Tagebogen zu erhalten, muß man sich die Sonne (oder den Stern) im Aufgehen begriffen, also im Horizonte in **T** denken; für diesen Fall ist $h = 0$, und dadurch ist

$$\text{Cos P} = -\frac{\text{Sin } \varphi \text{ Sin d}}{\text{Cos } \varphi \text{ Cos d}} = -\text{tang } \varphi \text{ tang d};$$

dann geht der vorhin durch **S** gedachte Meridian nun durch **T**, und **M** liegt zwischen **O** und **E**, und der halbe Tagebogen ist $MA = P = \frac{1}{2}t$, somit $\text{Cos } \frac{1}{2}t = -\text{tang } \varphi \text{ tang d}$, d. i.

$$\text{Cos}\left(180 - \frac{1}{2}t\right) = \text{tang } \varphi \text{ tang d}.$$

Wird in diesem Ausdrucke φ oder $d = 0$, so wird $180 - \frac{1}{2}t = 90$, weil $\text{Cos } 90^\circ = 0$ ist: also $\frac{1}{2}t = 90^\circ = 6$ Stunden, $t = 12$ Stunden $=$ der Länge des Tages. Ist das Produkt dieser Tangenten $= 1$, so wird $180 - \frac{1}{2}t = 0, \frac{1}{2}t = 180^\circ$ $= 12$ Stunden, d. i. der Tag ist 24 Stunden lang. Weil aber dann $\text{tang } \varphi . \text{ tang d} = 1$, so ist

$$\text{tang } \varphi = \frac{1}{\text{tang d}} = \text{Cot d} = \text{tang } (90 - d), \text{ also } \varphi = 90 - d$$

Für die Sonne findet man also für alle Breiten von $\varphi = 90 - 23^\circ\ 27'\ 31 = 66^\circ\ 32'\ 29''$ bis $\varphi = 90 - 0 = 90^\circ$, Tage, die 24 Stunden lang sind.

Ist das Produkt der Tangenten größer als 1, so ist die Auflösung unmöglich, weil der **Cosinus** nicht größer als 1

werden kann, d. h. man kann die Länge des Tages nicht bestimmen, da kein Auf- und Untergang möglich ist, die Sonne viele Wochen über dem Horizonte bleibt.

Es sei $\varphi = 48^\circ\ 8'\ 20''$; $d = 20^\circ\ 10'$, so ist

$$\text{Log tang } \varphi = 10{,}047\ 6802$$
$$\text{Log tang d} = \underline{\ 9{,}564\ 9831}$$
$$\text{Log Cos}\left(180 - \frac{1}{2}t\right) = 9{,}612\ 6633$$
$$180 - \frac{1}{2}t = 65^\circ\ 48'\ 18{,}33''$$
$$\frac{1}{2}t = 114^\circ\ 11'\ 41{,}67''$$
$$= 7 \text{ Stunden } 36'\ 46{,}8'$$

also geht auch der Mittelpunkt der Sonne, wenn ihre Deklination $20^\circ\ 10'$ beträgt, um $7^h\ 36'\ 46''$ unter, und der Tag ist 15 St. 13′ 33,6″ lang.

Note 8, Ende §. 26.

Bestimmung der Morgenweite.

In Fig. 10 ist **O** der wahre Ostpunkt, **T** der Punkt des Aufgangs, also **OT** die Morgenweite. Der Meridian, welcher durch **T** geht, steht auf dem Meridian in **M′** rechtwinklig, und der Bogen zwischen **T** und dem Aequator ist = **SM** = d = **TM′**; in diesem rechtwinkligen Dreiecke ist also der Winkel bei **O** = der Aequatorshöhe, und die gegenüberliegende Cathete = **TM′** = d bekannt, daher **Sin OT Sin O = Sin d**

$$\text{also Sin (Morgenweite)} = \frac{\text{Sin d}}{\text{Sin o}} = \frac{\text{Sin d}}{\text{Sin Aequat. Höhe}} = \frac{\text{Sin d}}{\text{Cos } \varphi}$$

Sei die Deklination $= 23^\circ\ 27'$ und die Aequatorshöhe von München $= 41^\circ\ 51'\ 40''$, so wird die Morgenweite

$= 36° 36' 27{,}6''$, von Ost gegen Norden am Horizonte gezählt, wenn die Sonne beinahe ihren höchsten Stand erreicht hat.

Note 9, zu §. 33.

Aus den bekannten Polhöhen zweier, unter demselben Meridian liegenden Orte und den in gleichen Zeiten gemessenen Mondshöhen, die Entfernung des Mondes zu finden.

Wenn **L** (fig. 11) der Mond, φ die Polhöhe des Ortes **A**, φ' die des südlichen Ortes **B**, **C** das Zentrum der Erde ist, so ist $ACB = C =$ der Differenz der Polhöhen $= \varphi - \varphi'$; **Aa** sei die Horizontale in **A**, **Bb** die in **B**, also $LAa = h$ die Höhe des Mondes in **A**, $LBb = H$ seine Höhe in **B**. Zieht man die Sehne **AB**, so ist $BAC = ABC = 90 - \frac{1}{2}C = 90 - \frac{1}{2}(\varphi - \varphi')$, $aAB = \frac{1}{2}(\varphi - \varphi')$ u. $BAL = h + \frac{1}{2}(\varphi - \varphi')$. Man wird ferner leicht finden, daß die Verlängerung von **AB** mit **Bb** ebenfalls einen Winkel $= \frac{1}{2}(\varphi' - \varphi)$, also die Verlängerte **AB** mit **BL** den Winkel $H - \frac{1}{2}(\varphi - \varphi')$ bildet; daher $LBA = 180 - \left(H - \frac{1}{2}(\varphi - \varphi')\right)$. Der Winkel bei **L** wird dadurch $= H - h - (\varphi - \varphi')$; man hat somit

1) aus dem Erdradius und dem Winkel bei **C**, die Sehne **AB** zu berechnen; es ist $AB = 2r \operatorname{Sin} \frac{1}{2} C$

$$= 2r \operatorname{Sin} \frac{1}{2}(\varphi - \varphi')$$

2) aus der Seite **AB** und den bekannten Winkeln des Dreieckes **ABL**, die Seite **AL** zu finden; nämlich **AB** : **AL** $= \text{Sin L} : \text{Sin ABL}$, oder $2r \text{ Sin} \frac{1}{2} (\varphi - \varphi') : \text{AL}$

$$= \text{Sin}\Big(\text{H} - \text{h} - (\varphi - \varphi')\Big) : \text{Sin}\Big(\text{H} - \frac{1}{2}(\varphi - \varphi')\Big)$$

$$\text{also AL} = \frac{2r \text{ Sin} \frac{1}{2}(\varphi - \varphi') \text{ Sin}\Big(\text{H} - \frac{1}{2}(\varphi - \varphi')\Big)}{\text{Sin}\Big(\text{H} - \text{h } (\varphi - \varphi')\Big)}$$

3) aus **AC** und **AL** und dem Winkel $\text{CAL} = 90 + \text{h}$, die Linie von **C** bis **L** zu bestimmen:

$$\text{man hat CL} = \sqrt{\text{CA}^2 + \text{AL}^2 - 2\text{CA} . \text{AL} . \text{Cos CAL}}$$

$$= \sqrt{\text{r}^2 + \text{AL}^2 - 2\text{r} . \text{AL Cos } (90 + \text{h})}$$

$$= \sqrt{\text{r}^2 + \text{AL}^2 + \text{r} . \text{AL} . \text{Sin h}}$$

Es sei die Differenz der Polhöhe $= 20^\circ\ 6' = \varphi - \varphi'$, $\text{h} = 42^\circ\ 54'$, $\text{H} = 63^\circ\ 16'\ 10''$, so ist $\frac{1}{2}(\varphi - \varphi') = 10^\circ\ 3'$, $\text{H} - \frac{1}{2}(\varphi - \varphi') = 53^\circ\ 13'\ 10''$, $\text{H} - \text{h} - (\varphi - \varphi') = 16'\ 10''$; man wird sehr nahe $\text{CL} = 60{,}1 . \text{r}$ erhalten; d. h. die Entfernung ist nahe $= 60$ Erdhalbmesser.

Tabelle

Tabelle der Tageslängen

für die Sonnenlängen von 10 zu 10° und Geographen-Breiten von 5 zu 5°.

Zu §. 26, pag. 35.

Breite.	10° u. 170°			20 u. 160			30 u. 150			40 u. 140			50 u. 130			60 u. 120			70 u. 110			80 u. 100			90°		
	St.	M.	S.	St.	M.	S.	St.	M.	S.	St.	M.	S.	St.	M.	S.	St.	M.	S.	St.	M.	S.	St.	M.	S.	St.	M.	S.
0	6	0	0	6	0	0	6	0	0	6	0	0	6	0	0	6	0	0	6	0	0	6	0	0	6	0	0
5	6	1	21		2	45		4	3		5	18		6	25		7	22		8	5		8	33		8	42
10	6	2	48		5	33		8	1		10	42		12	57		14	52		15	57		17	14		17	33
15	6	4	15		8	26		12	29		16	16		19	41		22	36		24	49		26	14		26	43
20	6	5	47		11	28		16	57		22	7		26	46		30	45		33	46		35	46		36	31
25	6	7	29		14	42		21	44		28	22		34	21		39	28		43	26		45	51		46	42
30	6	9	10		18	12		26	56		35	10		42	37		49	0		53	52		56	59		58	2
35	6	11	8		22	9		32	43		42	44		51	50		59	38	7	5	38	7	9	29	7	10	46
40	6	13	20		26	9		39	15		51	20	7	2	21	7	11	52		19	8		23	49		25	25
45	6	15	33		31	36		46	53	7	1	24		14	42		26	14		35	10		40	54		42	53
50	6	18	57		37	46		56	2		13	34		29	44		43	53		54	56	8	2	6	8	4	35
55	6	22	43		45	15	7	7	27		24	51		48	51	8	6	37	8	20	42		29	58		33	12
60	6	27	34		55	5		22	23		49	9	8	14	48		38	43		57	17	9	10	18	9	14	56
65	6	34	11	7	8	34		43	17	8	10	21		53	32	9	28	0	9	59	33	10	24	14	10	34	9
70	6	43	54		28	45	8	15	41	9	6	38	10	6	28												
75	6	59	57	8	3	26	9	17	10	11	24	20															
80	7	32	34		35	10																					
85	9	29	30																								

(Fortsetzung.)

Breite.	190 u. 350			200 u. 340			210 u. 330			220 u. 320			230 u. 310			240 u. 300			250 u. 290			260 u. 280			270		
	St.	M.	S.	St.	M.	S.	St.	M.	S.	St.	M.	S.	St.	M.	S.	St.	M.	S.	St.	M.	S.	St.	M.	S.	St.	M.	S.
0	6	0	0	6	0	0	6	0	0	6	0	0	6	0	0	6	0	0	6	0	0	6	0	0	6	0	0
5	5	58	39	5	57	15	5	55	57	5	54	42	5	53	35	5	52	38	5	51	55	5	51	27	5	51	18
10		57	12		54	27		51	59		49	18		47	3		45	8		44	3		42	46		42	27
15		55	45		51	34		47	31		43	44		40	19		37	24		35	11		33	46		33	17
20		54	13		48	32		43	3		37	53		33	14		29	15		26	14		24	14		23	39
25		52	31		45	18		38	16		31	38		25	39		20	32		16	34		14	9		13	18
30		50	50		41	48		33	4		24	50		17	23		11	0		6	8		3	1		1	58
35		48	52		37	51		27	17		17	16		8	10		0	22	4	54	22	4	50	31	4	49	14
40		46	40		33	51		20	45		8	40	4	57	39	4	48	8		40	52		36	11		34	35
45		44	27		28	24		13	7	4	58	36		45	18		33	46		24	50		19	6		17	7
50		41	3		22	14		3	58		46	26		30	16		16	7		5	4	3	57	54	3	55	25
55		37	17		14	43	4	52	33		35	9		11	9	3	53	23	3	39	18		30	2		26	48
60		32	26		4	55		37	36		10	51	3	45	12		21	17		2	43	2	49	42	2	45	4
65		25	49	4	51	26		16	43	3	49	39		6	28	2	32	0	2	0	27	1	35	46	1	25	51
70		16	6		31	15	3	44	19	2	53	22	1	53	32												
75		0	3	3	56	34	2	42	50	0	35	40															
80	4	27	26		24	50																					
85	2	30	30																								

Zusatz zum §. 42. pag. 60.

Anleitung zur Auffindung eines Sternes.

Durch die nachfolgenden Angaben, den Ort eines Sternes durch sein Azimuth und seine Höhe über den Horizont zu haben, ist das früher gegebene Versprechen erfüllt. Es ist mit Hilfe dieser Angaben leicht, einen der Hauptsterne zu erkennen und aufzufinden, ohne daß man mit einer Sternkarte oder einem Himmelsglobus versehen ist. Natürlich mußte von den Sternen der 4ten, 5ten... Größe Umgang genommen werden, da die Bestimmungsdaten dieser vielen Sterne ein eigenes Buch gegeben hätte. Die Sterne werden nach dieser Anleitung leicht aufgefunden, wenn man nur das Azimuth oder die Weltgegend einigermaßen schätzen kann. Hat man vielleicht ein ganz einfaches Instrument, mit dem das Azimuth und der Höhenwinkel nur nach Graden obſervirt werden kann, so ist nichts leichter, als nach diesen Graden die Sterne aufzufinden.

Der Anfangspunkt des Zählens für das Azimuth wurde hier in jenem Punkte angenommen, in welchen Meridian und Horizont von München sich schneiden, und also von Süd gegen Ost, Nord... gezählt.

Die Stunden der Beschauung für jeden ersten Tag der einzelnen Monate sind hoffentlich richtig gewählt.

Nur für den 1. Januar und 4. Juli 1844 wurden die Daten genau berechnet. Für spätere Jahre ändert sich allerdings Azimuth und Höhe, jedoch unbedeutend. Z. B. für α im Widder hat man

zum Azimuth	1844	am 1. Januar	36° 36′ 40″
	1874	„ „ „	37° 29′ 9″

alſo jährlich nicht 2 Minuten mehr;

zur Höhe	1844	am 1. Januar	60° 37′ 30″
	1874	„ „ „	60° 35′ 8″

welches auf ein Jahr nur 4 Sekunden weniger giebt.

Daher die folgenden Angaben noch nach 30 Jahren hinlänglich genau sind. Auch für eine nicht sehr verschiedene Pol-

höhe, als die von München, ändert sich Azimuth und Höhe des Sterns nicht bedeutend.

Die Angaben gelten allerdings nur für die gegebenen Tage und Stunden; aber während des Auffindens vergeht eine Zeit, in der der Himmel von Ost nach West sich bewegt, welches berücksichtiget werden muß. Auch für einen andern Tag desselben Monats ist, wegen Verrückung der Sonne um täglich 4 Minuten Zeit, der Zeitpunkt der Betrachtung oder der Aufsuchung zu verändern.

In der gleich folgenden Tabelle ist auch eine andere Zeit angegeben, in der Alles so ist, wie am festgesetzten ersten Tage des Monats.

Z. B. dem 1. Juli Abends $9^h\ 48'$ entspricht nach der Tabelle der erste Junius 11 Uhr 35 Minuten; oder auch der 1. Mai $1^h\ 37'$ nach Mitternacht, oder der 1. März $5^h\ 32'$; weiter zurück konnte nicht gegangen werden, weil es im Februar nach 7 Uhr schon hell ist. Der Ort der Sterne am 1. April 8 Uhr Abends (in der 4ten Zeile) ist derselbe am 1. März $9^h\ 55'$, am Februar $11^h\ 43'$, am 1. Januar $1^h\ 57'$ nach Mitternacht und am 1. Dezember $4^h\ 12'$ früh. In den Zeiten, welche in derselben Zeile stehen, haben also die Sterne dasselbe Azimuth und die gleiche Höhe an den ersten Tagen der Monate.

Das Aufsuchen der Sterne ist selbst dann möglich, wenn man auch nur eine Richtung, also nur eine Weltgegend vor sich hat; nur muß man das Azimuth dieser Richtung wissen.

Die Mythe der Sternbilder ist nicht ohne Grund übergangen, auch wie viele Sterne der 1sten, 2ten und dritten... Größe jedes Bild hat.

Endlich ist noch zu bemerken, daß Höhe und Azimuth der Sterne für den 1. Januar um 6^h Abends, und 1. Juli $9^h\ 30'$ nach folgenden Formeln, in denen h die Höhe, α das Azimuth, φ die Polhöhe, δ die Deklination und t den Stundenwinkel zwischen dem Meridian des Orts für die gegebene Zeit, und den des Sterns bezeichnet, berechnet wurden:

$$\mathrm{Sin\,h} = \mathrm{Sin}\,\delta\ \mathrm{Sin}\,\varphi + \mathrm{Cos}\,\delta\ \mathrm{Cos}\,\varphi\ \mathrm{Cos\,t}.$$

$$\mathrm{Sin}\,\alpha = \frac{\mathrm{Cos}\,\delta\ \mathrm{Sin\,t}}{\mathrm{Cos\,h}}$$

Die Behandlung dieser Formeln und Rechnung mag aus folgendem Beispiele ersehen werden.

Für die Zeit der Beobachtung sei die Rektascension der Sonne	$= 6^h\ 42'\ 17''$
die Stunde der Beobachtung $= 8^1/_2{}^h$ Abends	$= 8^h\ 30'$
also Rektascension des Meridians, der durch das Zenith des Beobachters geht .	$= 15^h\ 12'\ 17''$
Die Rektascension des Sternes sei . . .	$= 17^h\ 25\ 44''$
somit Stundenwinkel zwischen dem Meridian des Zeniths und dem Stern . . .	$= 2^h\ 13'\ 27''$
diesen in den Aequatorsbogen verwandelt, giebt t	$= 33^\circ\ 21'\ 45''$

Ist die Deklination des Sterns $= 38^\circ\ 8'\ 50''$, dann $\varphi = 48^\circ\ 8'\ 20'' =$ der geogr. Breite von München, so wird nun:

$$\mathrm{Log\ Sin}\,\delta = 9{,}790\ 7665$$
$$\mathrm{Log\ Sin}\,\varphi = 9{,}872\ 0191$$
$$\mathrm{Log\ I.\ Glied} = 9{,}662\ 7856$$

$\mathrm{Log\ Cos}\,\delta = 9{,}895\ 6580$	$\mathrm{Log\ Cos}\,\delta = 9{,}895\ 6580$
$\mathrm{Log\ Cos}\,\varphi = 9{,}824\ 3388$	$\mathrm{Log\ Sin\ t} = 9{,}740\ 3107$
$\mathrm{Log\ Cos\ t} = 9{,}921\ 7946$	$\mathrm{C\ Log\ Cos\ h} = 0{,}357\ 2569$
$\mathrm{Log\ II.\ Glied} = 9{,}641\ 7914$	$\mathrm{Log\ Sin}\,\alpha = 9{,}993\ 2256$
	$\alpha = 79^\circ\ 54'\ 23''$

I. Glied $= 0{,}460\ 0293$
II. „ $= 0{,}408\ 3201$

Sin h $= 0{,}898\ 3494$. Log Sin h $= 9{,}933\ 4453$
h $= 63^\circ\ 56'\ 31''$

Man hätte zwar nach andern Formeln rechnen können, ich ziehe aber diese Behandlung einer andern vor.

Tabelle

jener Stunden, in denen die Sterne gleiche Höhe und gleiches Azimuth wie in den angesetzten Beobachtungsstunden haben, jedesmal am ersten Tag des Monats.

Januar.	Febr.	März.	April.	Mai.	Juni.	Juli.	August.	Sept.	Octbr.	Novbr.	Decbr.
6 Uhr								2^h 6.	12^h 17'	10^h 20'	8^h 16'
9^h 15'	7 Uhr								3. 30	1. 30	11. 30
11^h 4'	8^h 50'	7 Uhr								3. 20	1. 50
1. 57	11. 43	9^h 55'	8 Uhr								4. 42
3. 48	1. 35	11. 46	9^h 52'	8 Uhr							6. 4.
	4. 36	2. 48	12. 56	9^h 52'	9 Uhr						
		5. 32	3. 48	1. 37	11^h 35'	9^h 30'					
			5. 4	3. 10	1. 10	11^h 5'	9 Uhr				
				4. 8	2. 6	12. 2	9^h 56'	8 Uhr			
					3. 54	1. 50	11. 45	9^h 48'	8 Uhr		
						2. 48	12. 43	10. 46	8. 47	7 Uhr	
							2. 46	12. 52	11. 3	9. 5.	7 Uhr

Um die Weltgegend aus dem angegebenen Winkel des Azimuths leichter zu erkennen, dient folgende Tabelle.

Weltgegenden.				Azimuth. °	′
Süd				0	
			S. g. O.	11	15
		S. S. O.		22	30
			S. O. g. S.	33	45
	S. O.			45	
			S. O. g. O.	56	15
		O. S. O.		67	30
			O. g. S.	75	45
Ost				90	
			O. g. N.	101	15
		O. N. O.		112	30
			N. O. g. O.	123	45
	N. O.			135	
			N. O. g. N.	146	15
		N. N. O.		157	30
			N. g. O.	168	45
Nord				180	
			S. g. W.	191	15
		N. N. W.		202	30
			N. W. g. N.	213	45
	N. W.			225	
			N. W. g. W.	236	15
		W. N. W.		147	30
			W. g. N.	158	45
West				270	
			W. g. S.	281	15
		W. S. W.		292	30
			S W. g. W.	303	15
	S. W.			315	
			S. W. g. S.	326	15
		S. S. W.		337	30
			S. g. W.	348	45

Ist nun vielleicht des Sternes Azimuth = 107°, so ist er nach der Gegend zwischen Ost gegen Nord und Ost-Nordost aufzusuchen; hat er 304°, so ist er nach der Gegend Südwest gegen West, oder nur 11° von Südwest gegen West gezählt.

Angaben zur Auffindung der Hauptsterne.

1. Januar 6 Uhr Abends.

Im Meridian, d. i. gegen Mittag, ist kein bedeutender Stern; erst bei 13° 41′, von Süd gegen Ost gezählt, und 76° 16′ hoch sieht man den Stern **Mirach**. Er ist ein Stern 2ter Größe, und das β der **Andromeda**.

Bei 27° Azimuth und 34° hoch ist **Mira**, oder **O** des Wallfisches; ein veränderlicher Stern, der jetzt 3ter Größe ist.

Bei 36° 37′ Azimuth und 60° 37,5′ Höhe ist α des Widders, ein Stern 3ter Größe; 3½° rechts von diesem ist β (3ter Gr.), und von β 2° abwärts ist **Mesarthim**, ein Doppelstern der 4ten Größe und das γ des Widders.

42° 21′ Azimuth und 37° 24′ hoch steht **Menkar**, oder α des Wallfisches (2ter Gr.) Im Azimuth von 46° 46′ und 15° 28′ hoch ist ein Stern (2ter — 3ter Größe) γ im Flusse **Eridanus**. Von diesem γ weg sind mehrere Sterne 3ter und 4ter Größe, welche die Windungen dieses Flusses bezeichnen.

Gegen Ost-Südost in geringer Höhe steht das schöne Sternbild **Orion**, in welchem folgende Sterne die merkwürdigsten sind: Zuerst 3 beinahe in gerader Linie vertikal über — und immer 1½° von einander entfernte Sterne (2—3ter Gr.). Man nennt sie den Jakobstab; sie sind im Gürtel des **Orion**. Der mittlere hat im Azimuth 74° 32′ und 11° 43′ Höhe, und ist das ε des **Orion**.

Rechts vom Stabe bei 66° Azimuth und 9° 24′ Höhe ist der Stern **Rigel** (1ster Gr.) oder β des **Orion**. Links des Stabs, ohngefahr 9° entfernt, oder genauer bei 74° 32′ Azimuth und 11° 43′ Höhe ist **Beteigeuz** (1ster Gr.) oder α des **Orion**. Bei 81° 44′ und 15° Höhe ist **Bellatrix** (2ter Gr.) oder γ **Orionis**. α bezeichnet die rechte, γ die linke Schulter, und β den linken Vorderfuß des **Orion**.

Vertikel über Rigel, also bei demselben Azimuth, aber 76° 19′ hoch steht **Alamak** (3—4ter Gr.) oder γ am linken Fuße **Andromeda**. Bei 74° 31′ Azimuth und 34° 38′ hoch,

also 23° über dem Jakobsstab glänzt **Aldebaran** (1ster Gr.) das rechte Auge oder α des Stiers bezeichnend. Ober **Aldebaran** 3 Sterne (4ter Gr.), beinahe in einer solchen Entfernung unter sich, wie die im Jakobstab, und nahe horizontal, dann neben ihnen und dazwischen noch mehrere kleinere, werden zusammen die **Hyaden** genannt. Ueber den **Hyaden** 13° von **Aldebran** entfernt sind die **Plejaden**, wiewohl aus einer Menge kleiner Sterne bestehend, doch sehr wohl kennbar.

95° 10,5′ Azimuth und 34° 5′ hoch ist β des Stiers (2ter Gr.) an der Spitze des nördlichen Horns.

106° 32′ Azimuth und 65° 41′ Höhe ist **Algenib** (2—3ter Gr.) oder α des **Perseus**. Von diesem rechts in gleicher Höhe, aber 9° entfernt, steht β des **Perseus**, ein in seinem Lichte veränderlicher Stern, der **Algol** heißt und jetzt zur 2ten Größe gehört.

112° 25′ Azimuth und 46° 50′ Höhe ist der sehr schöne Stern: **Capella** (1ster Gr.), oder α des Fuhrmanns, auch das Herz der Ziege bezeichnend. 7° unter **Capella** ist ein Stern 2ter Größe, oder β an der rechten Schulter des Fuhrmanns.

119° 13′ Azimuth und 17° 22′ hoch steht **Castor** (2—3ter Gr.) oder α der Zwillinge. Unter **Castor** 4½° ist **Pollux** (2—3ter Gr.), das β desselben Sternbildes.

21° rechts und in beinahe gleicher Höhe mit beiden ist γ der Zwillinge (3ter Gr.), 166° 37′ Azimuth u. 22° 53′ Höhe hat **Dubhe** (1—2ter Gr.), das α des Wagen; gleich unter α ist β (2ter Gr.), beide sind die Hinterräder des großen Wagen.

171° 18′ Azimuth und 13° 27′ hat γ (2ter Gr.) des großen Wagen. Höher und nördlicher als γ ist δ (3ter Gr.), um welchen noch mehrere kleine Sterne sind.

In beinahe gleicher Höhe mit δ und nahe bei 180° Azimuth ist **Alioth** (3ter Gr.), das ε, wieder mehr links und und gleich hoch steht **Mizar** (3ter Gr.) oder ζ des großen

Bären mit einem kleinen Stern, **Alcor**, oder das Reuterchen.

189° 11½' Azimuth und 9° hoch steht **Benetnasch** (2-3ter Gr.), der letzte im Schweife und mit η bezeichnet.

188° 35' Azimuth und 24° 13' Höhe hat α im Schweife des Drachen (2—3ter Gr.).

Bei 189° Azimuth und 34° 29½' hoch steht **Kochab** (3ter Gr.) oder β des kleinen Bären. Nur 3° links von diesem ist γ (4ter Gr.); beide sind die Hinterräder des kleinen Wagen; ober diesen beiden stehen die Vorderräder, von denen weg die Deichsel geht, an deren Ende der **Polarstern** (2ter Gr.) oder das α des kleinen Bären steht. Ober ζ des großen Bären, beinahe im Zenith ist α der **Cassiopeja** (3ter Größe.)

224° 8' Azimuth und 29° 22' Höhe hat γ (2ter Gr.); etwas tiefer und rechts nur 4° entfernt ist β, beide am Kopfe des um den Pol der Ekliptik sich windenden großen Drachen. 28° 41' über γ steht **Alderanim** (3ter Gr.) oder α des **Cepheus**, und 8° rechts β (3ter Gr.) dieses Sternbildes.

240° 5' Azimuth und 25° 51' hoch ist **Wega** (Stern 1ster Gr.) oder α der Leyer. Von α noch 5° zur Linken sind zwei Sterne (3ter Gr.) β u. γ der Leyer.

250° 45½' Azimuth und 48° 10½' Höhe zeigt **Deneb** (2ter Gr.), oder α des Schwans, und bei 257° 17' mit einer Höhe = 26° 28' ist β am Kopfe vom Schwan. Zwischen beiden und 6½° unter α ist γ, links ε und rechts δ; alle drei 3ter Gr.

Im Azimuth von 275° 23' und 16° 10½' hoch steht **Athair** (1ster Gr.) oder α im Adler; links von α und β, und rechts nur 2° entfernt γ, Sterne 3ter Gr.

Unter β des Adlers sind mehrere Sterne nebeneinander, welche am Kopfe des Delphin sind.

Gegen Südwest breitet sich ein großes Sternbild: der **Pegassus** aus, dessen Hauptsterne 2ter Größe sind, und zwar:

bei 305° 8′ Azim. u. 60° 17′ hoch ist **Scheat** oder β, am linken Vorderfuße,
318. 31. „ „ 49° 36′ „ „ **Marcab** oder α, am Flügel,
343° 11′ „ „ 55° 13′ „ „ **Algenib** oder γ, am Ende des Flügels,
300° —′ „ „ 35° —′ „ „ **Enif** ε (3ter Gr.), an der Nase.

Das Azimuth = 294° 28′ und Höhe = 3° 53′ gibt α des Steinbocks (3ter Gr.). Sogleich links und unter α ist β.

310° 33′ Azimuth und 28° 59′ hoch steht α des Wassermanns (3ter Gr.); in gleicher Höhe nur 3° links ist γ (3ter Gr.), und rechts etwas tiefer als α, und 10° von α entfernt ist β des Wassermanns (3ter Gr.),

335° 12′ Azimuth und 7° 16′ Höhe hat **Fomalhant** (1ster Gr.) oder α des südlichen Fisches. Vertikal über diesem, 68° hoch ist α Andromeda (2ter Gr.), welcher mit α, β und γ im Pegastus ein beinahe rechtwinklig gleichseitiges Viereck bildet, in welchem jetzt α Andromeda das oberste Eck ist, daher leicht erkannt werden kann.

1. Februar Abends 7 Uhr.

Gegen Mittag ist 24° hoch γ im Flusse **Eridan.** 64° hoch die **Plejaden,** jedoch schon etwas westlich. Nur einige Grade von Mittag weg gegen Osten steht 56° hoch **Aldebaran;** mehrere Grade unter diesem das Sternbild **Orion.** Von diesem heißt der höhere Stern **Beteigeuz,** der tiefere rechts **Rigel,** und der über dem Stabe stehende **Bellatrix.**

Beinahe in Südosten ohngefähr 16° hoch glänzt **Sirius** (1ster Gr.), oder α an der Schnauze des großen Hundes; rechts von α ist β (2—3ter Gr.); unter Sirius sind ganz nahe am Horizont δ und ε (2—3r Gr.)

Ueber Südost hinaus 23° hoch steht **Procyon** (1ster Gr.) oder α des kleinen Hundes.

Gegen Ost 43° hoch ist **Castor** und unter ihm **Pollux**.

Gegen Nordost 10° hoch steht **Regulus** (1ster Gr.), oder α, das Herz des großen Löwen bezeichnend.

Dann kommen die Sterne des großen Wagen, dessen Deichsel ganz abwärts gerichtet ist.

Von Norden weg gegen Westen ist 16° hoch der Drachenkopf.

217° Azimuth und nur einige Grade hoch ist **Wega**.

Nach Nordost gegen West sind die Sterne vom Schwan; der Kopf nur 4° hoch.

Von West an gegen Süden ist **Pegasus** ausgebreitet.

Vom Scheitel weg abwärts gegen 275—280° Azimuth ist zuerst **Algenib** im **Perseus**, dann tiefer **Alamak** oder γ der **Andromeda**, hierauf β und dann α **Andromeda**; zuletzt α **Pegasus**, ohngefähr 27° hoch.

Gegen Südwest gesehen ist vom Scheitel weg zuerst **Algol** im Medusenhaupt; tiefer α des Widders.

Nach Süd-Südwest ist 44° hoch **Menkar** oder α im Wallfisch.

1. März 7 Uhr Abends.

Der Jakobstab ist schon jenseits des Meridians, α **Orion** ist im Meridian.

14° gegen Osten und 24° hoch glänzt **Sirius**, der Hundsstern, rechts von ihm ist β, und unter ihm noch 3 Sterne 2ter Größe.

37° Azimuth und 42° Höhe hat **Procyon** oder α im kleinen Hund.

Bei 57° Azimuth und 65° hoch steht **Castor** und vertikal unter ihm **Pollux**.

Nach derselben Weltgegend, aber 25° hoch ist **Alphard** (2ter Gr.) oder α der Wasserschlange.

Beinahe gegen Osten 26° hoch sieht man **Regulus**, das α des großen Löwen; links von diesem, jedoch etwas höher

ist γ (2ter Gr.), und im Azimuth von 100° sieht man 12° hoch β des großen Löwen.

Nach Ost-Nordost, gleich hoch mit diesem β, ist eine Menge kleiner Sterne nebeneinander, welche das Hauptthaar der **Berenice** bezeichnen.

Gegen Nordost ist der große Bär, den Schweif abwärts gerichtet.

Dem ε des Bären zur Linken, oder in der Verlängerung der beiden Vorderräder steht α des Drachen, und noch weiter links, jedoch etwas höher, β des kleinen Löwen.

Im Norden nur 10° hoch ist der Kopf des Drachen.

Im Azimuth von 210° und 12° hoch ist α vom Schwan.

Bei 251° Azimuth und nur 3° hoch ist α des **Pegasus**; vertikal über diesem α der **Adromeda**, links und rechts die übrigen Sterne des **Pegasus**.

Nach Südwest ist **Capella** beinahe im Scheitel, tiefer die **Plejaden**, und unter diesen α des Wallfisches.

30° von Süd nach West, in gleicher Höhe mit den Plejaden: **Aldebaran**, und vertikal unter diesem, nur 23° vom Horizont entfernt, ist γ im **Eridan**.

1. April 8 Uhr Abends.

Nur einige Grade von Süd gegen Ost 35° hoch ist α der Wasserschlange.

30° Azimuth und 50° Höhe hat **Regulus**.

65° Azimuth und 5° hoch steht **Spica** (1ster Gr.), α der Jungfrau, die Kornähre bezeichnend.

Vertikal über **Spica**, aber 41° hoch ist **Denebola** oder β des großen Löwen.

Im Azimuth von 95°, und 20° hoch ist **Arcturus** (1ster Gr.), oder α vom **Bootes**.

112° Azimuth und 23° Höhe hat **Gemma** in der nördlichen Krone.

Gegen Nordost ist der große Bär.

Bei 154° steht **Wega** nur 2° hoch, ober dieser der Drachenkopf, und noch höher β des kleinen Bären.

Beinahe im Norden nur 3° hoch ist α im Schwane.

Bei 243° ist α der **Andromede** eben untergegangen.

Gegen Nordwest steht 11° hoch α des Widders. Beinahe vertikal über diesem α, 52° hoch **Capella**.

Nahe gegen West 27° hoch stehen die Plejaden, und links gleich hoch **Aldebaran**, und noch mehr gegen Süden **Orion**.

Beinahe 330° Azimuth und 45° Höhe hat α des kleinen Hundes, und 20° hoch steht **Sirius**.

1. Mai 8 Uhr Abends.

Gegen Südost steht 21° hoch die **Spica**.

Bei 60° Azimuth und 5° Höhe ist α der Waage (3ter Gr.), und noch 5° links β (2—3ter Gr.

Bei 75° steht 38° hoch **Arcturus**.

105° Azimuth und 5° Höhe hat α des Herkules (3ter Gr.); α des **Ophiuchi** (2—3ter Gr.) geht eben auf. Beide Sterne bezeichnen die Köpfe dieser Herren.

Gegen Nordost steht nahe dem Zenith der große Bär; **Wega** in nur 11° hoch. Ober **Wega** ist der Drachenkopf.

Die Sterne im **Cepheus** sind rechts und die der **Cassiopeja** links von Norden zwischen 20—30° Höhe.

Gegen Nordwest ist **Algenib** oder α **Perseus**, und das Medusenhaupt.

Bei 243° und 9° hoch stehen die Plejaden, ober diesen **Capella**.

Bei 257° und 11° hoch ist **Aldebaran**, neben diesem zur Rechten die Hyaden.

Vertikal ober **Aldebaran** ist β des Stiers.

Links von **Aldebaran** steht **Orion**.

281° und nur 2° Höhe hat **Rigel**, ober diesem die drei Sterne des Jakobstabes: fast horizontal. Beinahe in demselben

Azimuth ist **Beteigeuz**, ohngefähr 33° hoch ist γ der Zwillinge, und noch höher **Castor** und **Pollux**; der linke ist **Pollux**.

In der Weltgegend West gegen Süden glänzt 8° hoch **Sirius**, und ober diesem **Procyon** oder der kleine Hund.

Regulus hat vor einer halben Stunde kulminirt.

1. Juni 9 Uhr Abends.

Spica in der Kornähre der Jungfrau ist eben in einer Höhe von 31½° den Meridian.

Im Azimuth von 16° und 62° hoch ist **Arcturus** oder α **Bootes**, der in einer halben Stunde kulminirt. Vertikal über diesem ist **Wega**.

In 65° und 7° hoch ist **Antares** (1ster Gr.) oder α im **Scorpion**

Gegen Ost=Südost sind die Sterne an den Köpfen des **Herkules** und **Ophiuchi**.

Bei 108° Azimuth und 33° Höhe steht **Wega** oder α der Leyer.

Im Zenith ist der letzte Stern η im Schweife des großen Bären; die übrigen Sterne des Bären sind schon auf der westlichen Himmelskugel.

210°	Azim.	und	15°	Höhe	hat	**Capella**,
245°	„	„	21°	„	„	**Castor**,
264°	„	„	3°	„	„	**Procyon** und
288°	„	„	34°	„	„	**Regulus**.

1. Juli ½10 Uhr Abends.

Für diesen Monat sind die Angaben als Resultate der vorgenommenen Berechnung, bis auf Minuten, wie im Januar zuverläßig.

Beinahe gegen Mittag, nur 1° 51′ gegen Osten, und 15° 45′ hoch ist **Antares**.

Im Azimuth von 23° 38′ und 54° 31 hoch ist α **Hercules.**

30° 22′ Azimuth und 51° 11′ Höhe hat α **Ophiuchi.**

57° Azimuth und 9° 11′ hoch ist α des Steinbocks.

66° 14′ Azimuth und 30° 34′ hoch steht **Athair** oder α des Adlers; links neben diesem, nur 15° entfernt ist der **Dephin.**

Bei 82° 11′ Azimuth und 63° 11′ hoch sieht man **Wega.**

Bei 107° 53′ Azim. und 3° 21′ Höhe ist α **Pegasi (Marcab).**

111° 10′	„	„	72° 49′	„	„	γ im Drachenkopf.
111° 38′	„	„	45° 31′	„	„	α im Schwane **(Deneb).**
128° 5′	„	„	4° 50′	„	„	α **Andromeda.**
132° 15′	„	„	47° 16′	„	„	α **Cepheus (Alderamin).**
152° 21′	„	„	21° 52′	„	„	α der **Casiopeja (Schedir).**
170° 24′	„	„	8° 16′	„	„	α des **Perseus (Algenib).**
189° 16′	„	„	4° 42′	„	„	**Capella.**
219° 5′	„	„	1° 11′	„	„	**Castor u. Pollux.**
220° 31	„	„	45° 50′	„	„	α des großen Bären **(Dubhe)**, der sich dann links gegen den Zenith ausbreitet.

259° 18′ Azimuth und 7° 32′ Höhe hat **Regulus.**

Noch 6° von Westen gegen Süden ist 26½° hoch **Denebola** oder β des großen Löwen.

307° 44′ Azimuth und 52° 29′ Höhe hat **Arcturus.**

Bei 313° 15′ Azimuth und 19° 54′ Höhe steht **Spica.**

333° 32′ Azimuth und 67° 26′ ist **Gemma** oder α der nördl. Krone.

Vertikal unter dieser 25° 21′ hoch ist α der Wage, links dieses Sternes ist β der Wage (2—3ter Gr.).

346° 33′ Azimuth und 48° 7′ Höhe hat α der Schlange **(Serpentis)** (2—3ter Gr.), und endlich nahe gegen Mittag ist β des **Scorpions** (2ter Gr.) 22° hoch.

1. August 9 Uhr Abends.

Im Azimuth von 38° stehen vertikal übereinander: **Athair** im Adler 42° hoch, und 46° hoch **Wega** in der Leyer.

Gegen Osten stehen die Sternbilder: der **Pegasus** und Schwan übereinander, *α* **Peg.** 18° und *α* im Schwan, 60° hoch. Gleiche Höhe mit *α* **Pegasus** haben *α*, *β* und *γ* in der Andromeda, dann *α* des **Perseus**, von Ost gegen Nord nach und nach betrachtet.

Beinahe ganz gegen Norden ist **Capella**, nur 6° hoch, und beinahe im Zenith ist der Drachenkopf.

Gegen Nordwest steht der große Bär.

Nach West gegen Süden ist 38° hoch **Arcturus**.

In West-Südwest ist **Antares**, 13° hoch; endlich in Süd gegen Westen stehen 55° hoch die *α* des **Hercules** und **Ophiuchi**.

1. September 8 Uhr Abends.

Kulminirt hat eben die **Wega** 80° hoch.

Bei 20° Azimuth und 48° hoch steht **Athair**, unter diesem *α* im Steinbock, 26° hoch.

Gegen Osten sind die Sterne des **Pegasus**, und unter diesem die vom Schwane.

117° Azimuth und 5° Höhe hat *α* des Widders.

160° Azimuth und 7° Höhe hat **Capella**.

Gegen West ist **Arcturus** 28° hoch, und

330° Azimuth und 11° Höhe hat **Antares**.

1. October 8 Uhr Abends.

Beinahe im Zenith ist *α* vom Schwane 86° hoch, und der Kopf des **Delphin** 56° hoch im Meridian.

Im Azimuth von 29° und 6° hoch sieht man **Fomahant** (1ster Gr.) oder *α* des südlichen Fisches.

Gegen Ost-Südost steht das oben genannte Sternviereck über 30° hoch.

Bei 96° Azimuth ist 21° hoch α des Widders, und 40° hoch β der **Andromeda.**

120° Atimuth und 7° Höhe haben die Plejaden.

Gegen Nordost steht α das **Perseus**, 29° hoch; um 22° höher die Sterne der **Casiopeja.**

145° Azimuth und 15° Höhe steht **Capella.**

197° Azimuth und 26° Höhe hat α des großen Bären; δ hat gleiche Höhe.

252° Azimuth und 11° Höhe bezeichnet **Arcturus**, über welchem hoch oben der Drachenkopf steht.

Bei 284° Azimuth und 66° Höhe ist **Wega**; unter dieser noch einige Grade südlich ist 37° hoch α vom **Hercules** und **Ophiuchus.**

331° Azimuth und 48° Höhe hat **Athair.**

353° Azimuth und 28° Höhe hat α des Steinbocks.

1. November 7 Uhr Abends

Im Meridian sind 24° hoch die Sterne (geringer Größe), welche den Schweif des Steinbocks bezeichnen; dann β **Andromeda**, 35° hoch, und ε **Pegasi**, 40° hoch, wird sogleich kulminiren.

Im Azimuth von 18° und 8° hoch ist **Fomahant.**

Links und rechts von Südost ist jenes Sternviereck, in welchem α des **Pegasus** 50° hoch ist.

Im Osten steht nur 8° hoch **Menkar** oder α des Wallfisches; höher ist α des Widders und noch höher β (oder **Mirach**) der **Andromeda.**

Gegen Ost-Nordost ist **Aldebaran** eben aufgegangen.

Noch mehr nördlich ist β des Stiers in gleicher Höhe mit den **Hyaden.**

Vertikal über diesem β ist 36° hoch α des **Perseus.**

Gegen Nordost 21° hoch glänzt **Capella.**

Links von Norden ist der große Bär.

Bei 240° Azimuth und nur 3° hoch steht **Arcturus**.

Gegen West ist α der Schlange 7° hoch.

Im Azimuth von 280° sieht man 33° hoch α des **Hercules** links α **Ophiuchi**, hoch über α **Hercules** ist die Leyer.

Bei 320° Azimuth und 44° hoch ist **Athair**; links aufwärts der **Delphin**, und unter diesem der Kopf des Steinbocks.

1. December 7 Uhr Abends.

Jenes Viereck wird vom Meridian halbirt.

Bei 61° Azimuth ist γ des **Eridan** 5° hoch, α des Wallfisches 20° hoch, α des Widders 50°, und β der **Adromeda** 68° hoch.

Im Osten ist **Bellatrix** 7° hoch; links von diesem Sterne **Beteigeuz** nur 3° hoch; beinahe vertikal über **Bellatrix** ist **Aldebaran**, 21° hoch.

112° Azimuth und 3° Höhe hat γ der Zwillinge.

Bei 120° ist 37° hoch die **Capella**.

131° Azimuth und 3° Höhe hat **Pollux**, ober ihm ist **Castor**.

Genau im Norden ist 13° hoch γ des großen Wagen, rechts die beiden Hinterräder und links die Deichsel.

Bei 230° und 3° Höhe ist **Gemma**, ober dieser 36° hoch der Drachenkopf.

Links von diesem, aber in gleicher Höhe **Wega**, und vertikal unter **Wega** die Köpfe von **Hercules** und **Opiuchus** nur 10° hoch.

Bei 288° und 27° Höhe steht **Athair**; endlich nur 10° von Süden gegen Westen und 11° hoch sieht man **Fomalhaut**.

Nachtrag zu §. 42. pag. 60.

Uebersicht der gebräuchlichsten Methoden zur Konstruktion eines geographischen Kartennetzes.

Jede geographische Karte ist eine Kopie vom Original, d. i. von einem Theile der Erdoberfläche, und wie man sich leicht denken kann, im sehr verkleinerten Maaßstabe; eben so ist jede Himmelskarte eine Kopie von einem Theile der Himmelskugel. Die Kopie soll dem Originale ganz ähnlich sein; also müssen alle Linien der Karte mit den ähnlich liegenden auf der Erd- oder überhaupt Kugel-Oberfläche gleiche Winkel einschließen, und immer in demselben Verhältnisse stehen. Dadurch werden auf der Karte die Meridiane und Parallelkreise dieselben Kurven, wie auf der Erde bilden, sich auch wie auf dieser unter rechten Winkeln schneiden, die Flächen (natürlich im umgekehrten Quadratverhältniß der Verjüngung) gleich groß bleiben, die Entfernung zwischen zwei Punkten auf der Erde, der auf der Karte gleich sein, und die Linie, welche beide Punkte verbindet, dieselbe Richtung gegen die Weltgegend haben.

Man wird aber zugeben, daß, wenn die Meridiane und Parallelkreise richtig gezeichnet sind, Aehnlichkeit hervorgehen muß; es kommt somit alles darauf an, die Regeln zu finden, nach denen diese Linien konstruirt werden müssen, um obige Forderungen zu erfüllen. Natürlich braucht man nur einige Punkte dieser Linien zu bestimmen, so sind die Linien selbst bestimmt. Die Konstruktion der Punkte dieser Linien nennt man die Konstruktion des geographischen Kartennetzes.

Da die Erde nach allen Seiten gekrümmt, also nicht so ist wie ein Zylinder oder Kegel, somit die Erdoberfläche nicht so abwickelbar, nicht in eine Ebene ausgebreitet werden kann, wie der Mantel des Cylinders oder Kegels, so können obige Forderungen nicht immer alle zugleich, sondern nur einige erfüllt werden.

Denkt man sich die Fläche zwischen zwei Parallelkreisen, deren Breitendifferenz nicht groß ist, so kann die zwischenliegende

Zone als die Oberfläche eines abgekürzten Kegels betrachtet, und als solche abgewickelt werden. Will man sich aber eine, die Erde entweder tangirende oder scheidende Ebene denken, und projiciert alle Punkte und Linien des Erdoberflächentheiles auf diese Ebene, so bekommt man zwei Hauptkonstruktionsarten, erstens die durch Abwicklung, und zweitens die, welche aus der Projektion hervorgehen. In dieser Ordnung sollen auch die Konstruktions-Methoden angeführt werden. Gewöhnlich wird zu diesem Zweck die Erde als Kugel angenommen, da bei der kleinen Papierfläche die Applattung nicht bemerkt werden kann.

Würde man z. B. den Radius des Aequators = 8 Fuß 5 Zoll 9 Linien groß nehmen, so ist die halbe Erdaxe nur um 3 Linien kürzer, die im verjüngten Maaßstabe unmöglich bemerkt werden können; daher für die Kartenkonstruktion die Erde als Kugel anzunehmen ist.

Auf der Kugel ist die Fläche zwischen dem Aequator und den Parallelkreis der zu φ Grad Breite gehört, vermöge Stereometrie $= 2r\pi h$, wenn h die Entfernung des Kugelzentrums vom Mittelpunkte des Parallelkreises ist. Es ist aber $h = r. \mathrm{Sin}\, \varphi$, daher die Fläche der Zone vom Aequator bis zum Parallelkreis der zu φ gehört $= 2r^2 \pi \,\mathrm{Sin}\, \varphi$ Quadratmeilen, wenn r in Meilen gegeben ist. Eben so ist die Fläche vom Aequator bis zum Parallelkreis von φ' Grad $= 2r^2 \pi \,\mathrm{Sin}\, \varphi'$; also ist die zwischen den durch φ' und φ gehenden Parallelkreisen liegende Fläche der Zone $= 2r^2\pi\, (\mathrm{Sin}\, \varphi' - \mathrm{Sin}\, \varphi)$. In dieser Zone ist dann die Fläche für einen Längengrad

$$= \frac{r^2 \pi}{180} (\mathrm{Sin}\, \varphi' - \mathrm{Sin}\, \varphi)$$

$$= \frac{2r^2 \pi}{180} \mathrm{Sin}\, \frac{1}{2} (\varphi' - \varphi) \,\mathrm{Cos}\, \frac{}{2} (\varphi' + \varphi)$$

hat man λ Längengrade, so wird dieser Ausdruck nur noch mit λ multiplizirt. Die Fläche eines Kugelabschnitts vom Pole bis zur Breite φ, wird gefunden, wenn von der Oberfläche der halben Kugel die Zone vom Aequator bis zur Breite abgezogen

wird; also ist

Kugelabschnitt $= 2r^2\pi - 2r^2\pi . \text{Sin}\,\varphi = 2r^2\pi\,(1 - \text{Sin}\,\varphi)$

$$= 4r^2\,\pi\,\text{Sin}\left(45 - \frac{1}{2}\varphi\right)\text{Cos}\left(45 + \frac{1}{2}\varphi\right)$$

Nach diesen Formeln müssen die Kartenflächen verglichen werden, weßwegen sie hier angegeben wurden. Wir gehen nun zu den

Konstruktionen der Kartennetze durch Abwicklung.

I. Abwicklungsmethode.

Man denke sich zwei Parallelkreise für die Breiten φ' u. φ, jedoch immer φ' größer als φ, welche jene zwei Parallelkreise sein sollen, zwischen denen ein Land liegt, dessen mittlere Breite $= \psi = \frac{\varphi' + \varphi}{2}$ sein mag; dann auch einen Meridian, der durch die Mitte des Landes geht. **M** sei der Durchschnittspunkt des mittlern Parallels und Meridians, **C** das Zentrum der Kugel, also **CM** = r ihr Radius, **P** der Pol und **CP** die halbe Erdaxe. Auf **CM** sei in **M** eine Berührungslinie, also diese rechtwinklig mit **CM** zu denken, so scheidet diese Tangente die verlängerte Erdaxe in einem Punkte **N**; und da man sich diese Linien von allen Punkten des mittlern Parallelkreises denken kann, so schneiden sich alle diese Berührungslinien in **N**, und liegen in der Oberfläche eines Kegels, dessen Spitze in **N** ist. Da aber alle Punkte des Parallelkreises durch **M**, gleich weit von **N** entfernt sein müssen, so ist **MN** der Radius dieses Kreises auf dem Kegelmantel.

Man wird leicht finden, daß dieser Radius **MN** = **R** $= r\ \text{Cotang}\left(\frac{\varphi' + \varphi}{2}\right)$ ist. Trägt man auf den Kegelmantel von **M** weg die Größe des Meridianbogens $\left(\frac{\varphi' - \varphi}{2}\right)\frac{r\,\pi}{180}$

auf und abwärts und zieht durch diese zwei, die äußersten Parallelkreise bezeichnenden Punkte, Kreisbogen, so sind sie mit dem durch **M** gehenden parallel. Denkt man sich endlich den Kegelmantel abgewickelt, also in eine Ebene ausgebreitet, so erhält man einen Kreisausschnitt, dessen Spitze in **N** ist, zum Bogen den Umfang des mittlern Parallelkreises hat, und in welchem die äußersten Parallelkreise bereits gezogen sind. Werden auf den mittlern Parallel dieses Ausschnitts links und rechts von **M** weg, die Größe von 1, 5 oder 10 Längengraden nach und nach fortgetragen, durch die erhaltenen Punkte nach **N** gerade Linien gezogen, so stellen diese die Meridiane auf der Karte vor; und trägt man endlich von **M** weg auf- und abwärts, 1, 5 oder 10 Breitengrade so lange fort, bis man an den äußersten Parallelen angekommen ist, und zieht durch diese Punkte aus **N** Kreisbogen: so sind diese die Parallelkreise, welche die Meridiane wie auf der Kugel unter rechten Winkeln scheiden. Somit ist das Kartennetz fertig; Nach Bedarf kann es durch ein Rechteck begrenzt werden.

Diese Konstruktion giebt gerade Meridiane, während sie auf der Kugel krumm sind; ein Längengrad auf den äußern Parallelen ist größer als der entsprechende auf der Kugel, und die Kartenfläche wird gegen die Kugelfläche zwischen denselben Parallelkreisen — größer.

Europa liegt so ziemlich zwischen 70 und 30° Breite, also ist der mittlere Parallelkreis bei 50°; somit ist der mittlere Karten- oder Konstruktions-Radius

$$R = r. \text{Cotang } 50° = 720{,}4 \text{ Meilen.}$$

Man ziehe nun durch die Mitte des Papiers den mittlern Meridian, nehme auf diesem den Punkt **M** an, trage von ihm weg die Größe r. Cotang 50°, um **N** zu erhalten, dann auch die Länge von einem oder 5 Grad Breite auf- und abwärts, bis man bei 70 und 30 Grad ist, ziehe durch alle diese Punkte aus **N** die Parallelkreise, trage auf den mittlern Parallelkreis von **M** weg links und rechts die Größe von

1 oder 5 Grad Länge $= \left(\frac{r.\pi}{180}.\text{Cos } 50\right)5 = 9{,}66.5 = 48{,}3$, wenn man einen Längendrad sogleich aus der in Note 3 enthaltenen Tabelle nimmt, nach und nach so oft fort, als man bedarf, verbinde endlich diese Punkte mit **N** durch gerade Linien, welche abwärts verlängert werden, so hat man das Netz für Europa. In die erhaltenen Vierecke werden nun die Orte nach ihrer geographischen Länge und Breite mit Hilfe des schon verfertigten Meilenmaaßstabes, nach den kleinen Längen- und Breitenresten in Meilen ausgedrückt, eingetragen, und Flüsse Gebirgszüge ꝛc. eingezeichnet. Sind die Orte auf der Karte, so kann auch ihre Entfernung mit dem Zirkel abgenommen, und auf den Maaßstab getragen, angegeben werden. So wird man z. B. die Entfernung von Madrid und Petersburg = 431 Meilen finden, während sie auf der Kugel nach Note 4 = 429,8 M. ist. Daß die völlige Auszeichnung mit Tusch und Farben gehörig vorgenommen werden muß, versteht sich von selbst, da die genaueste Konstruktion die Fehler der Zeichnung und der Schrift nicht verdeckt.

Für Länder, die eine kleine Ausdehnung in der Richtung des Meridians haben, oder in der Nähe des Aequators liegen, wird der Konstruktions-Radius groß. In diesem Falle müssen die Durchschnittspunkte der Meridiane mit den Parallelen durch Rechnung bestimmt werden.

Für Bayern, welches zwischen dem 47 und 51° der Breite liegt, hat man 49° mittlere Breite; also ist $R = r. \text{Cotang } 49° = 746{,}3$ Meilen. Die Ausdehnung nach Norden beträgt also 4° oder nahe 60 Meilen; nimmt man diese 4° nur zu 4 Fuß an, so sind 60 Meilen = 4 Fuß, also

$$60^m : 4' = 746{,}3^m : x \text{ Fuß},$$

wodurch der Konstruktions-Radius beinahe 50 Fuß lang würde, mit dem nicht leicht Bogen beschrieben werden können. Bei dieser Gelegenheit wollen wir auch die Größe der Verjüngung dieser Karte berechnen.

Es seien also $4^{\circ} = 1'$ Fuß, somit $1^{\circ} = 1'$, 15 Meilen $= 1'$, 1 Meile $= \left(\frac{1}{15}\right)'$, oder 25400 Fuß $= \left(\frac{1}{15}\right)'$. d. i.

$$1' = \frac{1}{15.25400} = \frac{1}{381000}$$

das heißt: jede Distanz auf der Karte ist der 381000ste Theil von der wirklichen Distanz auf der Kugel, wenn die Meile in runder Zahl zu 25400 Fuß angenommen wird.

II.

Sei wieder bei φ der südlichste Parallelkreis, der nördlichste bei φ', so ist ihr Abstand $= \left(\frac{\varphi' - \varphi}{2}\right) \frac{r\ \pi}{180}$ Meilen. Man denke sich die Länge dieses Meridianbogens wie bei **I** in in eine gerade Linie ausgedehnt, und zugleich an seinen Endpunkten die Größe von λ Längengraden als Bogen des Parallelkreises, so ist der nördliche Parallelbogen $= \frac{r.\pi.}{180} \lambda.\ \mathrm{Cos}\, \varphi'$ kleiner als der südliche, welcher $= \frac{r.\pi}{180} \lambda.\ \mathrm{Cos}\, \varphi$ ist. Werden die Linien, die die westlichen und östlichen Endpunkte dieser Parallelbogen verbinden, verlängert, so durchschneiden sich diese Geraden in einem Punkte **N**, der dann der Mittelpunkt für die Kartenparallelen ist. Um die Entfernung des Punktes **N** vom nördlichen Parallelkreise, also den Konstruktions-Radius $= \mathbf{R}$ zu erhalten, sei die Größe des nördlichen Parallelbogens $= \mathrm{b}$, des südlichen $= \mathbf{B}$. Der Radius für diesen Parallelbogen ist $= \mathbf{R} + (\varphi' - \varphi) \frac{r\ \pi}{180}$; und weil man Ausschnitte von konzentrischen Kreisen hat, also die Radien sich wie die Bogen verhalten, so wird $\mathbf{R} : \mathbf{R} + (\varphi' - \varphi \frac{r\ \pi}{180} = \mathrm{b} : \mathbf{B}$ oder

$\mathbf{R} = (\varphi' - \varphi) \frac{r\,\pi}{180} \cdot \frac{b}{B - b}$; für **b** und **B** die obigen Werthe substituirt und reduzirt, erhält man den Konstruktionsradius für den nördlichen Parallelkreis

$$= \frac{(\varphi' - \varphi) \frac{r\,\pi}{180} \operatorname{Cos} \varphi'}{\operatorname{Cos} \varphi - \operatorname{Cos} \varphi'}$$

$$= \frac{\left(\frac{\varphi' - \varphi}{2}\right) \frac{r\,\pi}{180} \cdot \operatorname{Cos} \varphi'}{\operatorname{Sin}\left(\frac{\varphi' - \varphi}{2}\right) \operatorname{Sin}\left(\frac{\varphi' + \varphi}{2}\right)}$$

Ist dieser Radius berechnet, der mittlere Meridian gezogen, auf diesem der Durchschnittspunkt a des nördlichen Parallels angenommen, von a weg gegen Norden die Größe von **R** aufgetragen, um **N** zu erhalten, dann gegen Süden die Länge von 1, 5 oder 10 Meridiangraden fortgetragen, bis man beim südlichen Parallelkreis ist, so wird man jetzt aus **N** durch alle auf dem mittlern Meridian erhaltenen Punkte Kreisbogen ziehen, auf den durch a gehenden — links und rechts die Größe von einem oder höchstens 5 Längengraden für die Breite φ', nach Bedarf forttragen, durch **N** und die eben erhaltenen Punkte, gerade Linien durch die ganze Karte ziehen: so hat man das Kartennetz.

Für Europa erhält man den Konstruktions-Radius für den Parallel bei 70° = 391,2, und hieraus den bei 50 = 690,9.

Der französische Geograph **De l'Isle**, welcher in der Mitte des 18ten Jahrhunderts lebte, hat diese Konstruktionsart erfunden.

Auf diesem Netz sind die Längengrade aller zwischenliegenden Parallelkreise, die Karten-Fläche und die Entfernungen der Orte kleiner als auf der Kugel. Madrid ist nur 416,2 Meilen von Petersburg entfernt. Alles Uebrige ist wie bei **I.**

III

Da bei der ersten Abwicklungsmethode die Kartenfläche zu groß, und bei der zweiten zu klein wird, so hat man eine Konstruktion gesucht, nach der die Karten= und Kugelfläche zwischen denselben Meridianen und äußersten Parallelkreisen gleiche Größe hat. Denkt man sich wieder den Kugelradius nach einem Punkte des mittlern Parallels wie in **I**, auf diesem Radius, aber schon unter der Kugeloberfläche einen

Punk **M**, so daß $\mathbf{CM} = \dfrac{r.\,\mathrm{Sin}\left(\frac{\varphi' - \varphi}{2}\right)}{(\varphi' - \varphi)\,\frac{\pi}{180}}$ wird, errichtet in

M eine auf **CM** rechtwinkl. Linie, welche die verlängerte Erdaxe in einem Punkt **N** scheidet: so ist **NM** der mittlere Radius zur Konstruktion für das Netz. Man wird finden:

$$\mathbf{NM} = \mathbf{CM}.\ \mathrm{Cotang}\,\frac{\varphi' + \varphi}{2}$$

$$= \frac{r.\,\mathrm{Sin}\left(\frac{\varphi' - \varphi}{2}\right)\mathrm{Cotang}\left(\frac{\varphi' + \varphi}{2}\right)}{(\varphi' - \varphi)\,\frac{\pi}{180}}.$$

Für Europa ist er = 705,8 Meilen. Hat man diesen Radius berechnet, so geht die Konstruktion des Netzes so vor sich wie bei **I**.

Da der Kegelmantel in die Kugel einscheidet und doch der in eine gerade Linie gebrachte Meridianbogen $(\varphi' - \varphi)\,\frac{\pi}{180}$ noch auf beiden Seiten hinausreicht, so sind nur die Längengrade der Karte denen auf der Kugel gleich, wo der Mantel einschneidet; hingegen sind die Längengrade der zwischen den Durchschnittspunkten liegenden Kartenparallelen kleiner, die der außenliegenden größer als auf den gleichnamigen Parallelkreisen der Kugel. Für

Europa schneidet **NM** bei 50 ± 11° 32′, also bei 61° 32′ und 38° 28′ geogr. Breite in die Oberfläche ein; und nur bei diesen Breiten sind die Längengrade gleich denen der Kugel.

Die Kartenfläche ist zwischen den äußersten Parallelen wohl = der auf der Kugel, aber die einzelnen Theile sind nicht gleich.

Murdoch, Mathematiker in London, gestorben den 12. November 1774, hat diese Konstruktion angegeben.

Die von **Pilotti** und **Löhle** herausgegebene Karte von Europa ist nach dieser Abwicklungsmethode konstruirt. Ihre Konstruktion ist sehr genau; nur das Verkleinerungs-Verhältniß soll wahrscheinlich 1 : 6,300000 statt 1 : 5,250000 heißen, und die Bergzeichnung nicht gelungen.

Alle drei Abwicklungsmethoden haben gerade konvergirende Meridiane und konzentrische Kreisbogen als Parallelkreise, welche die Meridiane rechtwinklich scheiden; der Winkel zwischen zwei Meridianen, die einen Grad auf dem Parallelkreis begrenzen, ist bei der Iten und IIIten Konstruktion für Europa = 0° 45′ 57,8″, bei der IIten 0° 45′ 2″. Ueberdieß sind die Orte leicht einzutragen, daher werden diese Konstruktionen häufig, und besonders für solche Länder benützt, die keine zu große Ausdehnung haben.

Die nun folgenden Konstruktionen sind eigentlich keine Abwicklungen mehr, sondern nur Abänderungen derselben.

IV.

Daß die Meridiane auf der Kugel krumme und keine geraden Linien sind, weiß man; daher hat der französische Geograph **Bonne** noch im verflossenen Jahrhundert die Bestimmung des Konstruktionsradius aus der ersten Konstruktion, und jene Ziehung der Parallelen beibehalten, aber auf diese die zugehörige Größe der Längengrade allenfalls aus der Tallelle in Note 3, links und rechts vom mittlern Meridian weg fortgetragen; hierdurch erhält man die Durchschnittspunkte der

Meridiane mit den Parallelen. Werden diese Punkte durch eine Kurve zusammengezogen, so wird das geographische Netz einer Karte erhalten. Auf diesem Netz ist die Fläche vollkommen der auf der Kugel gleich, aber die Entfernungen der Orte etwas zu klein; auch durchschneiden sich die links und rechts des mittlern — liegende Meridiane nicht unter rechten Winkeln mit den Parallelen, auch das Eintragen der Orte ist nicht mehr so leicht wie bei den vorhergehenden Konstruktionen; und die Länder, welche weit vom mittlern Meridian entfernt sind, werden stark verzogen; daher diese Konstruktion besonders für jene Länder, die mehr nach der Richtung des Meridians ausgedehnt sind, benützt werden soll. Viele Karten werden nach dieser Methode konstruirt. — Auf der Karte von Asien, entworfen 1842 von **J. B. Roost**, Verlag der **Cotta**'schen artist. liter. Anstalt, sind die Parallelkreise aus dem Punkte **N**, der nahe 672 Meilen vom 70sten Parallel entfernt ist, als Kreisbogen gezogen und die Meridiane nach **Bonne** bestimmt worden. Diese Karte, auf der beinahe ganz Europa vorhanden ist, hat zur Breite 6 und zur Höhe 5 Fuß, und wurde fleißig und sehr zweckmäßig bearbeitet, daher sehr zu empfehlen.

V.

Um der oft Mühe verursachenden **IVten** Konstruktion zu entgehen, kann man sie so abändern, daß man zuerst den mittlern Meridian zieht, in diesem den Punkt **M** annimmt, von da weg auf und abwärts die Größe von 5 oder 10 Meridiangraden, so weit mans bedarf, fortträgt, in den erhaltenen Punkten rechtwinklige Linien errichtet, welche also parallel sind und die Kartenparallelen bedeuten sollen; werden auf diese, so wie in Konstruktion **IV** 5 oder 10 Längengrade, vielleicht aus der Tabelle in Note 3 genommen, links und rechts vom mittlern Meridian weg fortgetragen, die erhaltenen Punkte durch eine Kurve gehörig zusammen gezogen; so erhält man ein Kar=

tennetz nach **Flamsteed** (ein englischer Astronom des 17ten Jahrhunderts).

In diesem Netze sind nun die Meridiane krumm, die Parallelen gerad, die Entfernungen zu groß, und die entferntern Ländertheile werden verzogen; hingegen ist die Kartenfläche = der auf der Kugel, und die Konstruktion leicht zu machen; daher man sie häufig zu geographischen und Sternkarten benützt.

VI.

Auch die eben erwähnte Konstruktion wird noch dahin abgeändert, daß, wenn man die geraden rechtwinklichen Parallelen gezogen hat, blos auf die äußersten, das Land begrenzenden Parallelen, also auf die bei φ und φ' die zugehörige Größe der Längengrade fortträgt, die zu gleichem Längengrad gehörigen Punkte durch gerade Linien verbindet, wodurch man gerade Meridiane erhält. Dieses Netz besteht also nur aus geraden Linien und konvergirenden Meridianen, die sich in einem Punkt **N** schneiden, der wie in der **II**ten Konstruktion bestimmt wird. Kann man wegen nicht zu großer Entfernung **N** benützen, so werden nur auf den Parallel bei φ' die Längengrade getragen, und durch diese und **N** gerade Linien als Meridiane durch die Karte gezogen. Die Kartenfläche ist nun eben so viel kleiner gegen die Kugelfläche, wie die bei **II**. Die Ländertheile werden wie vorhin verzogen.

VII.

Die geraden rechtwinkligen Parallelen beibehalten, kann man nur auf den mittlern Parallel seine Längengrade auftragen, durch die erhaltenen Punkte gerade Linien mit dem mittlern Meridian ziehen, so erhält man allerdings ein sehr einfaches Netz, in welches sich die geographischen Längen und Breiten sehr leicht eintragen lassen, da alle Vierecke rechtwinklig sind, aber die Ländertheile nur in der Nähe des mittlern Pa-

rallels richtig gibt. Die Fläche wird nun eben so viel zu groß, wie die aus der ersten Konstruktion.

Erste Abänderung.

Die Kartenfläche wird = der gleichliegenden Kugelfläche, wenn man auf den mittlern Parallel das arithmetische Mittel aus den äußersten Längengraden aufträgt.

Zweite Abänderung.

Ist der mittlere Parallel der Aequator, so werden die Vierecke nun Quadrate. Dieses Netz benützt man zur Zeichnung der ganzen Erdoberfläche (Weltkarte), wodurch aber die Länder an den Polen sehr verzogen werden müssen, da der Pol so lang wird als der Aequator! Man betrachtet dann dieses Netz als die abgewickelte Oberfläche eines Zylinders, dessen Umfang der des Aequators ist.

Bei Benützung dieses Netzes zu einer Weltkarte ist es besser, wenn zuerst der Aequator gezogen, vielleicht am westlichen Ende ein Punkt für den ersten Meridian angenommen, von diesem weg die Größe von 1 oder 10 Aequatorsgraden fortgetragen wird, im ersten und letzten Punkt Perpendikel errichtet, auf diese auf und abwärts die Größe der Meridiangrade trägt, die erhaltenen Punkte durch gerade Linien verbindet, dann noch durch die auf den Aequator getragenen Punkte parallele Meridiane zieht, so ist das Netz der Weltkarte fertig.

VIII.

Man kann die Meridiane, wie so eben erwähnt, rechtwinklig auf den Aequator ziehen, dann auf die äußersten Meridiane die Größe der Meridiangrade nach den Sinusen der geographischen Breiten *abnehmend*, auftragen, und zwar

immer vom Aequator an

bis Ende des 1ten Grades $= r. \sin 1^\circ$
" " 2ten " $= r. \sin 2^\circ$
" " 3ten " $= r. \sin 3^\circ$
" " 80 " $= r. \sin 80$ u. s. w.

Verbindet man die zusammengehörigen Punkte durch gerade Linien, so werden dadurch die Flächen der Zonen gegen die auf der Kugel nicht geändert; aber die Länder in der Richtung des Meridians sehr zusammengedrückt, und in der Richtung des Parallels ausgedehnt.

IX.

Die Ziehung der Meridiane wieder so wie bei **VII** und **VIII** vorgenommen und sich erinnert, daß 1 Meridian-Grad:

1 Längen-Grad $= \frac{r\ \pi}{180} : \frac{r\ \pi}{180}\ \mathrm{Cos}\ \varphi$ sich verhällt, also

1 M. G. : 1 L. G. $= 1 : \mathrm{Cos}\ \varphi$, somit

$$1\ \text{Meridian-Grad} = \frac{1\ \text{Längen-Grad}}{\mathrm{Cos}\ \varphi}\ \text{ist,}$$

so wird man, nach Berechnung aller Werthe eines Meridian-Grades, die aus der Annahme von φ erhalten werden, indem man einen Längengsad = einem Aequatorsgrad nimmt, diese Meridiantheile auf die äußersten Meridiane successive nördlich und südlich auftragen, und die erhaltenen Punkte durch gerade Linien verbinden.

Dadurch wird wieder ein Netz erhalten, in welchem Meridiane und Parallelen gerade Linien sind, und sich wie in **VII** und **VIII** rechtwinklich durchschneiden; aber die Meridiane werden gegen den Pol zu immer größer; deßwegen sagt man: es ist eine Karte mit wachsenden Breiten.

Die Länder werden nach zwei Richtungen desto mehr ausgedehnt, je weiter sie vom Aequator entfernt sind.

Um im Auftragen weniger Fehler zu begehen, ist es immer besser, wenn man die Entfernungen vom Aequator weiß; daher ist

vom	Aequator	bis	zum	Anfang	des	10ten	Grades	150,6	Meilen,
"	"	"	"	"	"	20	"	305,9	"
"	"	"	"	"	"	30	"	471,6	"
"	"	"	"	"	"	40	"	655,0	"
"	"	"	"	"	"	50	"	867,7	"
"	"	"	"	"	"	60	"	1130,6	"
"	"	"	"	"	"	70	"	1489,6	"
"	"	"	"	"	"	80	"	2091,5	"
"	"	"	"	"	"	89	"	4070,4	"

Merkator, ein niederländischer Geograph des 16ten Jahrhunderts hat diese Konstruktion angegeben.

Eine solche Karte kann als die Abwicklung einer Zylinder-Oberfläche betrachtet werden, der zum Umfang den des Aequators und zur halben Höhe wenigstens 4070,4 Meilen hat. — Sie wird oft zur Uebersicht der ganzen Erdoberflache, also als Weltkarte benützt.

Ein zweiter und vorzüglichster Zweck der merkatorischen Konstruktion ist für den Schiffer auf dem Meere die so äußerst leichte Ziehung der sogenannten **loxodromischen Linie** (Linie des schiefen Laufes), nämlich einer Linie, welche alle Meridiane unter gleichen Winkeln schneidet.

Auf der Kugel, so wie auf jeder der bereits erwähnten Karten mit konvergirenden oder krummen Meridianen ist die loxodromische Linie krumm, hingegen auf Karten nach **Merkator** eine gerade Linie, die die Meridiane unter jenem Winkel schneidet, welchen der Steuermann der Richtung seines Schiffes geben muß, um vom Orte der Abfahrt nach dem Orte der Bestimmung (der Anfahrt) zu kommen; diesen Winkel nennt der Schiffer den einzuhaltenden **Curs**.

Uebrigens kann man weder die Entfernung der Orte, noch die Länge der loxodromischen Linie unmittelbar von der

Karte abnehmen, sondern sie muß durch Rechnung gefunden werden.

Da wir schon einigemal den Kartenabstand zwischen Petersburg und Madrid gegen den Abstand auf der Kugel verglichen haben, so mag auch hier noch erwähnt werden, daß, wenn man beide Orte auf der merkatorischen Karte durch eine gerade Linie verbindet, diese die Meridiane unter einem Winkel von 47° 43′ durchschneidet, die Länge der lorodromischen Linie = 433,5 findet, während die kürzeste Entfernung auf der Kugel = 429,9 ist, und die Distanz auf der Karte = 690,5 Meilen abgenommen wird.

Nachdem nun die vorzüglichsten Abwicklungsarten mit ihren Abänderungen in möglichster Kürze erklärt sind, kann übergegangen werden zu den

Konstruktionen der Kartennetze durch Projektion.

Man denke sich einen Punkt A, von dem aus die hohle (konkave) Kugeloberfläche betrachtet wird; dann denke man sich eine gerade Ebene, welche hinter der hohlen Kugel oder zwischen dieser und dem Auge sein kann, und ziehe vom Auge nach allen Punkten der konkaven Oaerfläche gerade Linien, so treffen diese Gesichtslinien entweder in ihrer Verlängerung die Ebene, oder sie durchschneiden diese Ebene, bevor sie an die Kugeloberfläche kommen. Die Punkte der Kugelfläche werden also auf die Ebene projicirt, daher man die gedachte Ebene die Projektionsebene nennt.

Der Augenpunkt A wird gewöhnlich entweder im Zentrum der Kugel, oder in einem Punkte ihrer Obrefläche, oder auch außer der Kugel in unendlicher oder geringer Entfernung — angenommen. Alle diese Annahmen müssen verschiedene Projektionen auf der Ebene geben, daher wir sie in dieser Ordnung durchnehmen wollen.

I. Das Auge oder der Punkt A sei im Zentrum der Kugel.

Für diese Annahme denkt man sich die Projektionsebene so an die Kugel gelegt, daß sie diese in einem Punkte **M** berührt, dessen geographische Breite $= \psi$ ist, und der wieder der Mittelpunkt des zu entwerfenden Kartennetzes sein soll. Die Projektionsebene bildet in diesem Falle den mathematischen Horizont des Ortes **M**. Alle Punkte und Linien werden nur in der Richtung eines jeden Sehstrahles hinausgerückt und geben auf der Ebene die Projektion.

Alle Projektionen, welche aus dieser Annahme erhalten werden, nennt man daher auch Zentral-Projektionen. Diese theilt man in:

a) Horizontale Zentralprojektion, wen ψ größer als 0 und kleiner als 90° ist. In dieser sind die Projektonen der größten Kugelkreise gerade Linien, weil alle größten Kreise durch das Zentrum, also durch das Auge gehen. Also ist auch der Aequator und jeder Meridian eine gerade Linie. Die Meridiane müssen somit durch die Projektion des Poles gehen. Die Projektionen der Parallelkreise sind Kegelschnitte, und zwar Ellipsen, Parabeln und Hyperbeln, je nachdem die Breite φ, zu welcher der Parallelkreis gehört, zur Breite von $M = \psi$ addirt, größer, oder gleich, oder kleiner als 90° ist. Dieß ist auch die Ursache, daß diese Projektion selten zu geographischen Karten genommen wird. Weil das Auge im Mittelpunkte der Himmelskugel angenommen werden darf, so wird diese Projektion überhaupt mehr zu Sternkarten benützt.

b) Polarprojektion wird sie genannt, wenn $\psi = 90°$, also der Berührungspunkt **M** im Pole ist. Auch in der zentralen Polarprojektion erhält man für die Meridiane gerade Linien; aber die Parallelen werden Kreise, deren

Radien durch die Formel **r. Cotang** φ zu berechnen sind, wenn φ die geographische Breite des Parallelkreises ist.

Diese Projektion ist ganz passend zur Darstellung der Länder, welche in der Nähe des Poles liegen; oder für eine Sternkarte, deren Mittelpunkt der Himmelspol ist.

Hat man die Größe der Radien für die Parallelkreise berechnet, so nimmt man den Pol in der Mitte der Karte an, zieht durch diesen eine gerade Linie, welche den ersten Meridian bezeichnen mag, beschreibt — im Pole eingesetzt — die Parallelkreise, theilt den äußersten Parallelkreis von 5 zu 5 oder von 10 zu 10 Graden, und zieht die Meridiane, so ist dieses Netz fertig.

c) Aequatoriale Zentralprojektion; wenn der Berührungspunkt **M** im Aequator, also $\psi = 0$ ist. In dieser ist der Aequator gerad, auf ihm alle Meridiane nicht nur rechtwinklig, sondern diese einander parallel; aber alle Parallelen sind hyperbolische Linien, die ihre Scheitelpunkte im mittlern Meridian haben; und hier eine desto stärkere Krümmung besitzen, je größer ihre geogr. Breite φ ist. Der Abstand des hyperbolischen Scheitelpunktes vom Aequator ist $=$ **r. tang** φ. Auch ein solches Netz wird zu geogr. Karten selten genommen.

Ueberblickt man diese drei zentralen Projektionen, so überzeugt man sich: daß nur ein kleiner Theil der Kugeloberfläche auf die Projektionsebene gebracht werden kann, da die von **M** weit entfernten Länder eine zu große Ausdehnung (Verziehung) erhalten würden. Von einer Projektion der halben Kugel ist ohnehin nicht die Rede, weil die Begrenzung 90° von **M** entfernt und die Tangente von 90° unendlich groß ist.

II. Der Augenpunkt A sei an der konveren Kugeloberfläche.

Die Projektionsebene gehe (wie man gewöhnlich annimmt) durch das Zentrum der Kugel; dann werden alle geraden Linien von den gegenüberliegenden Punkten der Kugelfläche nach dem Auge gezogen, durch die Projektionsebene gehen. Alle diese Punkte auf der Ebene gehörig durch gerade oder krumme Linien verbunden, geben die stereographische Projektion.

Da der Mittelpunkt **M** der Karte, den man sich in den Mittelpunkt der Kugel projicirt denkt, und der Radius **AM** rechtwinklig auf die Projektionsebene angenommen wird, zur geographischen Breite 90°, φ° oder **0**° haben kann, so gehen dadurch wieder drei verschiedene Projektionen hervor, und zwar:

a) Die stereographische Horizontalprojektion, wenn die geographische Breite von **M** $= \varphi$ ist, weil in diesem Falle **M**, der höchste Punkt der konkaven gegenüberliegenden Kugeloberfläche, gleich weit vom Durchschnitt der Kugel mit der Projektionsebene entfernt, diese Ebene durch das Zentrum geht, also im wahren Horizont des Punktes **M** ist.

   In dieser stereographischen Projektion sind die Projektionen aller Kreise wieder Kreisbögen, jedoch von andern oft viel größern Radien, als die sie in der Kugel haben.

   Man hat daher nicht nur die Größe dieser Radien, sondern auch die Mittelpunkte der Kreise auf der Karte zu bestimmen. Da aber diese Bestimmungen nicht geringe Mühe verursachen, so wird die stereographische Horizontalprojektion sehr selten von den Landkarten-Verfertigern benützt.

   Da ferner das Auge den ganzen Umfang der Halbkugel übersehen kann, der ganze Kugeldurchmesser einem Winkel von 90°, also der Radius dem Winkel von 45°

gegenüberliegt, so ist auch der Projektionsradius der Halbkugel = r. tang 45 = r, wodurch also ein Planiglobius erhalten werden kann. Nimmt man z. B. Paris als Mittelpunkt, so bekommt man auf den Planiglobus ganz Nordamerika, den größten und interessantesten Theil von Südamerika, Europa und ganz Asien, nur den indischen Archipel nicht.

b) Die stereographische Polarprojektion, wenn $\psi = 90$ d. i. M. im Pol, also der Augenpunkt im andern Pol ist.

Die Projektionen der Parallelkreise sind wieder Kreise, deren Radien durch r. Cotang $\frac{1}{2}\varphi$ berechnet werden können. Die Projektionsebene geht durch den Aequator; also ist der Planiglobus durch diese begrenzt, und der Radius des Begrenzungskreises wieder = r. Die Meridiane sind gerade Linien. Nach Bestimmung der Radien für die Parallelkreise, Annahme des Poles, Ziehung hung dieser Kreise, Theilung des Aequators in Grade, und Ziehung der Meridiane, ist das Netz für die nördliche oder südliche Halbkugel fertig.

Zur Darstellung der nördlichen oder südlichen Himmelskugel kann ein solches Netz gebraucht werden, nur ist für diese r = 1 oder = 1000 zu nehmen.

Da aber die Größe der Grade in der Nähe des Poles anders ausfallen; als die in der Nähe des Aequators, also die Messung der Distanz eines Sternes von einem andern immer mit geänderten Gradmaaßstäben geschehen müßte, so kann wohl mit Berücksichtigung einer solchen Messung diese Konstruktion nicht genommen werden. Deßwegen hat man oft sogleich den Radius des Kartenaequators in 90 Theile getheilt, diese als Grade gelten lassen, und dann durch 10, 20, 30 .... 80, Parallelkreise gezogen, welche somit die Deklination der Sterne bezeichnen.

c) Stereographische Aequatialprojetion. Diese wird erhalten, wenn $\psi = 0$, d. i. der Punkt **M**, und, diesem diametral gegenüber auch **A** im Aequator sich befindet.

In dieser ist der Meridian der durch **M** geht, und der Aequator eine gerade Linie, beide schneiden sich also in der Mitte der Karte. Die beiden Pole sind in der Projektionsebene, welche hier zugleich Meridianebene ist.

Die Mittelpunkte der Kreisbogen für die Meridiane liegen auf dem mittlern Meridian über und unter dem Karten-Aequator, und sind desto weiter von diesem entfernt, je kleiner die geogr. Breite ist.

Da aber die Mittelpunkte und Radien für die Meridiane und Parallelkreise nicht schwer zu finden sind, und man nur einigermaßen mit Stangenzirkeln versehen ist, um mit den langen Radien die Kreisbogen ziehen zu können, so ist ein solches Netz bald konstruirt; daher werden gewöhnlich Planiglobien für die östliche und westliche Erdkugel nach dieser Projektion gezeichnet.

Diese stereographischen Projektionen geben den Durchschnitt der Meridiane mit den Parallelen aberdings rechtwinklig, aber die Linien zunächst am Punkte **M** werden zweimal, also die Fläche viermal kleiner; erst nach und nach nähern sie sich der Größe, die sie haben sollen, während die Länder in der Zentralprojektion bei **M** ihre Größe behalten, und von **M** entfernt immer größer werden.

III. Der Augenpunkt A sei unendlich weit von der Kugel entfernt.

Die Projektionsebene kann hinter oder vor der Kugel sein, oder durch das Zentrum dehen; immer sind in diesem Falle die Linien von **A** nach den Punkten der Oberfläche rechtwinklig auf der Ebene, und es ist eben so, wie wenn Perpendikel von jenem Punkt auf die Ebene gefällt wären.

Diese Projektionsart nennt man die orthographische Projektion. In dieser wird die Projektion eines größten Kreises, der mit der Projektionsebene parallel ist, denselben Kreis geben; also ist auch die Projektion der dem Auge gegenuberliegenden konveren oder konkaven Halbkugel ein Kreis vom Radius der Kugel.

a) Orthographische Horizontal-Projektion heißt sie, wenn die Breite des höchsten Punktes **M** $= \psi$ ist. Hier ist nur der mittlere Meridian eine gerade Linie; alle übrigen Meridiane und Parallelen des Netzes bilden Ellipsen; deßwegen wird sie vielleicht gar nie benützt.

b) Orthographische Polarprojektion, wenn $\psi = 90$ ist. Der Radius eines Parallelkreises von der Breite φ ist $= r. \cos \varphi$. Zieht man sich einen Halbkreis, theilt diesen in 180 Grade, und fällt Perpendikel auf den Durchmesser, so sind die Abstände der Perpendikelfußpunkte vom Mittelpunkte, die Raden der Parallelkreise.

c) Die orthographische Aequatorialprojektion wird erhalten, wenn $\psi = 0$ angenommen, also **M** im Aequator ist.

Die Projektion des Meridians, der überall 90° vom höchsten Punkt **M** entfernt ist, bildet zugleich die Grenze von der Projektion der Halbkugel; die beiden Pole liegen also in diesem Umfang. Die Projektion des mittlern Meridians ist eine gerade Linie, die der übrigen sind Ellipsen. Der Aequator und alle Parallelen sind gerade Linien, senkrecht auf den mittlern Meridian. Dieses Netz hat daher große Aehnlichkeit mit dem von **Flamsteed**.

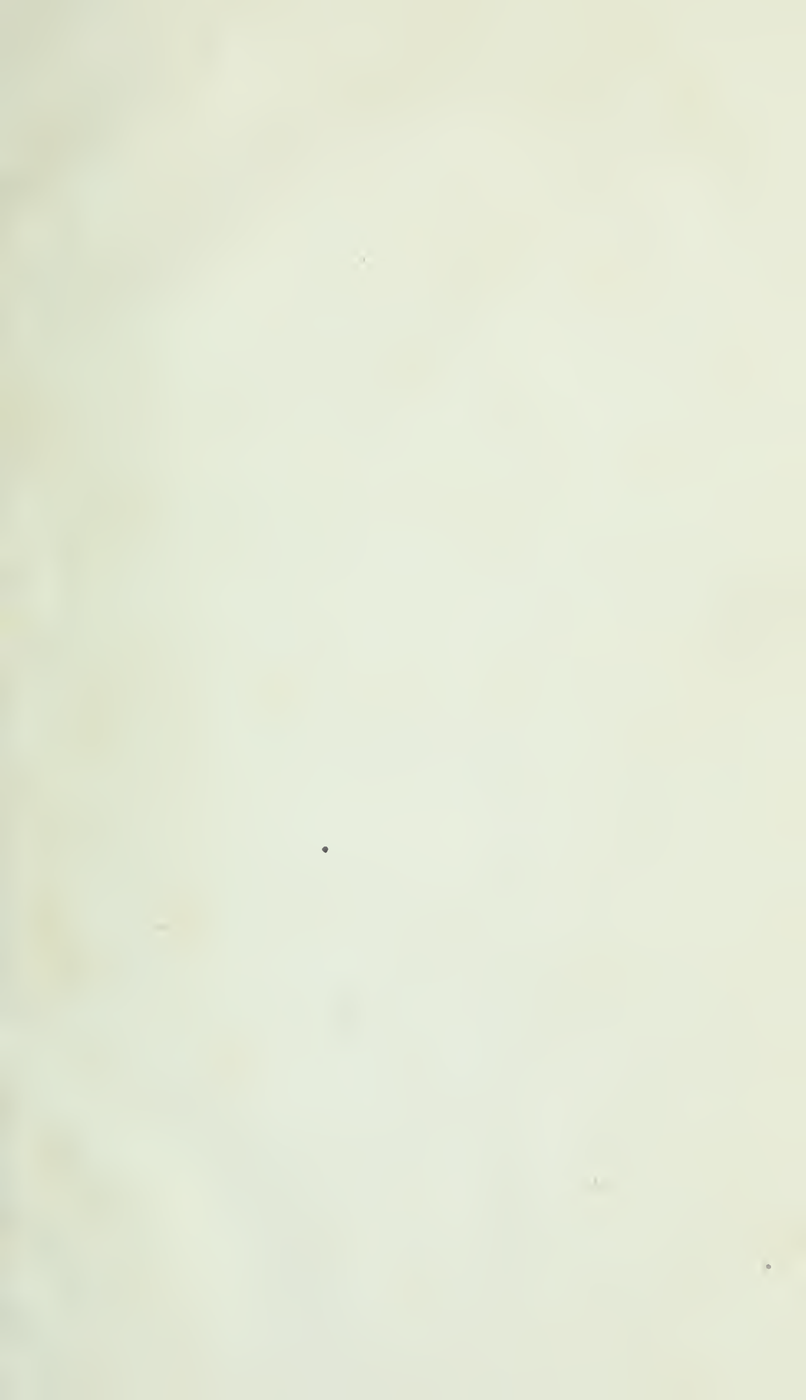
Da der Mond sehr weit von uns entfernt ist, so wird das Netz seiner Meridiane und Parallelen ganz nach dieser Projektion verfertigt. Alle orthographischem Projektionen geben die Linien nur zunächst um den Punkt **M** genau; je weiter von **M** entfernt, verkleinern sie sich desto mehr.

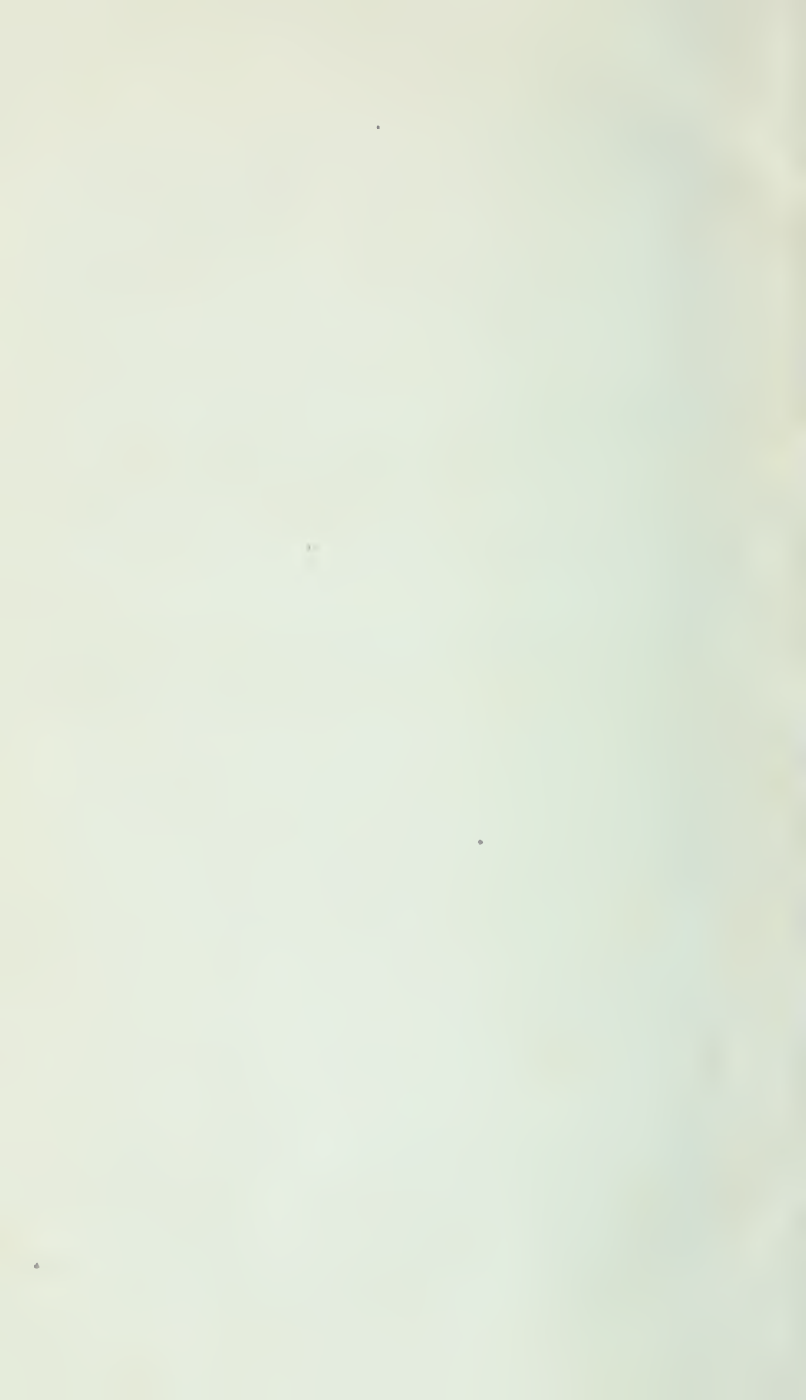
Würde man endlich den Augenpunkt A in einer Entfernung von vielleicht $\frac{1}{4}$ r, $\frac{1}{2}$ r oder $\frac{3}{4}$ r außerhalb der Kugel nehmen, die Ebene hinter der Kugel berühren lassen, so würden die Länder sehr wenig verzogen werden. Man hat Sternkarten nach dieser Annahme konstruirt.

Außer den bereits angeführten Konstruktionsmethoden hat man wohl auch andere, welche hervorgehen, wenn manche Bedingungen erfüllt werden sollen; da aber das Erklären dieser hier zu weit führen würde, so wird diese Uebersicht nicht weiter fortgeführt, also hiemit geschlossen.

Meine verehrten Zühörer oder Leser mögen in meiner Anleitung zur Berechnung und Konstruktion der geographischen Kartennetze, von welcher diese Uebersicht ein Auszug ist, das Nöthige nachholen; aber nicht verargen, daß der hier gegebenen kurzen Uebersicht keine Zeichnungen oder Figuren beigegeben wurden. Ganz kleine Zeichnungen nützen wenig, und größere würden diesen Grundriß im Preise sehr erhöht haben, was ich in wohlmeinender Absicht vermeiden wollte. Daher ich in dieser Beziehung auf jene Anleitung, und besonders auf den mündlichen Vortrag hinweise; in jener sind die nöthigen Figuren und Konstruktionen enthalten, und in diesem werden die Netze ohnehin in größerm Maaßstabe zur Einsicht vorgezeigt.



































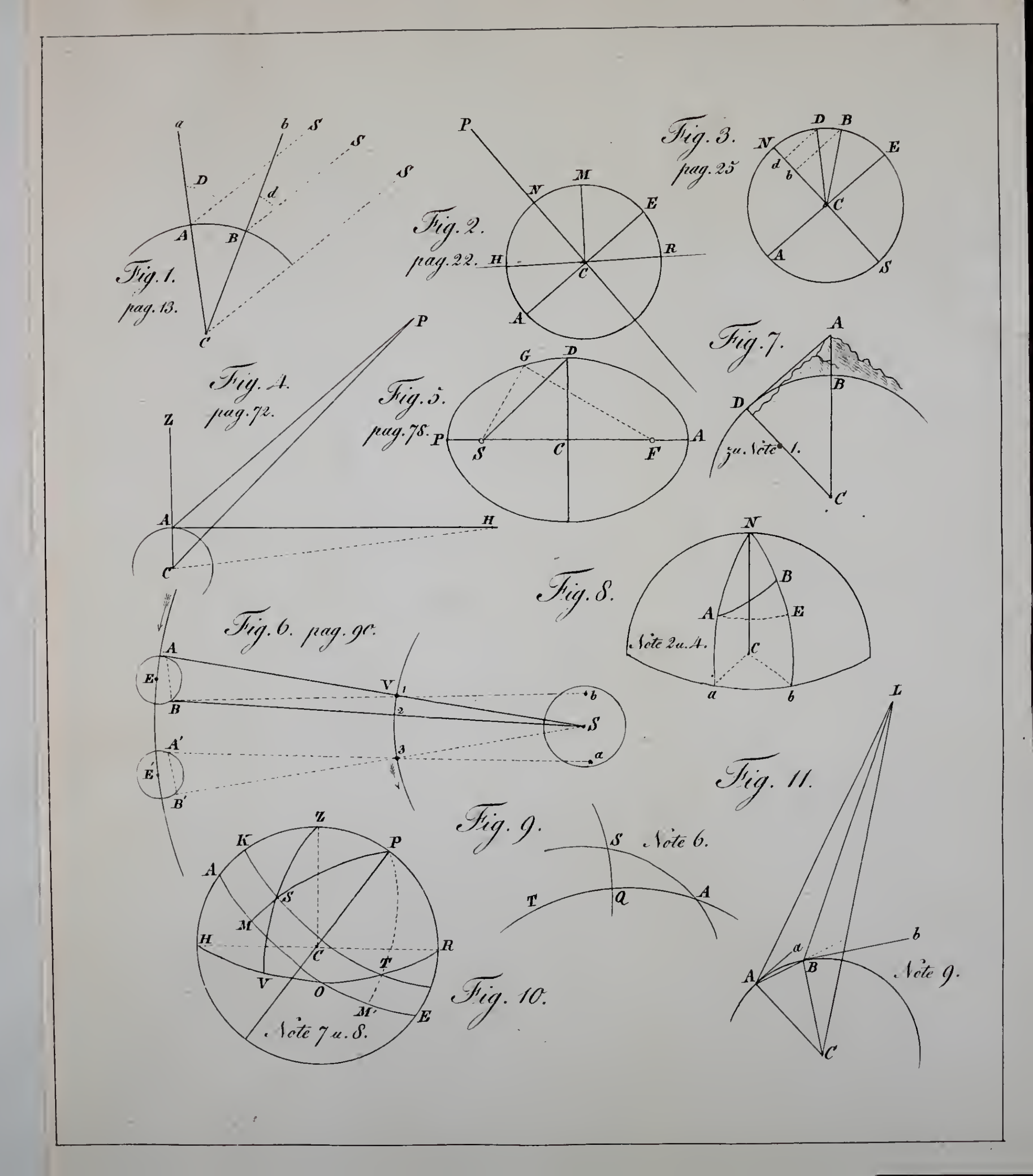


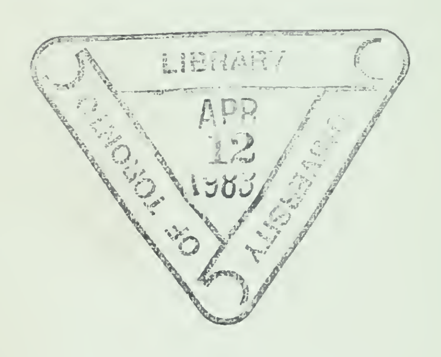
Fig. 1.
pag. 13.
Fig. 2.
pag. 22.
Fig. 3.
pag. 25
Fig. 4.
pag. 72.
Fig. 5.
pag. 78.
Fig. 6. pag. 90.
Fig. 7.
zu Note 1.
Fig. 8.
Note 2 u. 4.
Fig. 9.
Note 6.
Fig. 10.
Note 7 u. 8.
Fig. 11.
Note 9.







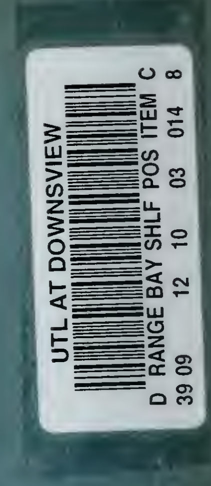



LIBRARY
APR
12
1983

PLEASE DO NOT REMOVE
CARDS OR SLIPS FROM THIS POCKET

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY

BRIEF
GA
00 55763


UTL AT DOWNSVIEW
D RANGE BAY SHLF POS ITEM C
39 09 12 10 03 014 8